

**SVEUČILIŠTE U ZAGREBU**  
**FAKULTET PROMETNIH ZNANOSTI**

**Nikol Bošnjak**

**EKOLOŠKI ASPEKT PROIZVODNJE I KORIŠTENJA**  
**BIOGORIVA U CESTOVNOM PROMETU**

**ZAVRŠNI RAD**

**Zagreb, 2015.**

Sveučilište u Zagrebu  
Fakultet prometnih znanosti

## **ZAVRŠNI RAD**

### **EKOLOŠKI ASPEKT PROIZVODNJE I KORIŠTENJA BIOGORIVA U CESTOVNOM PROMETU**

### **ECOLOGICAL ASPECT OF PRODUCTION AND USAGE OF BIOFUELS IN THE ROAD TRAFFIC**

Mentor: Prof. dr. sc. Jasna Golubić

Student: Nikol Bošnjak, 0135224146

**Zagreb, rujan 2015.**

## Sadržaj:

1. UVOD .....	1
2. UTROŠAK ENERGIJE U CESTOVNOM PROMETU .....	2
2.1. Izvori energije .....	2
2.2. Projekcije neposredne potrošnje energije u prijevozu u razdoblju od 2010. do 2020. ....	6
2.4. Strategije Republike Hrvatske glede biogoriva .....	9
2.4.1.Strategija energetskog razvitka Republike Hrvatske .....	9
2.4.2.Obnovljivi izvori energije – potencijali, strateški ciljevi i prijedlog investiranja .....	12
3. KRITERIJI ZA POTENCIJALNU UPORABU ALTERNATIVNIH GORIVA .....	14
4. BIOGORIVA .....	17
4.1. Početak razvoja biogoriva .....	17
4.2. Biomasa – temelj proizvodnje biogoriva .....	18
4.3. Podjela bio goriva .....	20
4.3.1. Prva generacija biogoriva.....	21
4.3.2. Druga generacija biogoriva .....	23
4.3.3. Treća generacija biogoriva .....	25
5. EKOLOŠKE PREDNOSTI I NEDOSTACI PRIMJENE BIODIZELA.....	27
5.1. Biodizel kao ekološko gorivo .....	27
5.2. Primjena i utjecaj biodizela na motor .....	30
5.3. Prednosti i nedostaci biodizela .....	30
6. EKOLOŠKE PREDNOSTI I NEDOSTACI PRIMJENE BIOETANOLA.....	34
7. MOGUĆNOST PRIMJENE BIOGORIVA III GENERACIJE U CESTOVNOM PROMETU.....	39
8. UPOTREBA BIODIZELA U VOZILIMA JAVNOG PRIJEVOZA.....	41
8.1. Mogućnosti razvoja biodizela kao pogonskog goriva u Hrvatskoj.....	43
8.2. Uvođenje biodizelsko goriva u vozila ZET-a.....	44
9. ZAKLJUČAK .....	46

## **SAŽETAK**

Korištenje obnovljivih izvora energije u skladu je s globalnom strategijom održivog razvoja. Korištenje biogoriva u prometu doprinosi povećanju sigurnosti opskrbe i smanjenju ovisnosti prometnog sektora o nafti, smanjenju udjela emisije stakleničkih plinova iz cestovnog prometa te podupiranju održivog razvoja ruralnih područja. Prednost biogoriva (biodizel i bioetanol) u odnosu na druga alternativna goriva očituje se u korištenju u postojećim vozilima bez ikakvih ili s malim modifikacijama postojećih motora, što ovisi o koncentraciji biogoriva u mješavini s fosilnim gorivom. Biogoriva kao obnovljivi izvor energije su od posebnog interesa za Republiku Hrvatsku jer mogu zamijeniti fosilna goriva za prijevoz koja u ukupnoj potrošnji energije sudjeluju s više od 30 posto, uz stalnu tendenciju rasta, te predstavljaju značajan izvor emisija stakleničkih plinova. U Republici Hrvatskoj temeljna načela strategije su: sigurnost opskrbe energijom, konkurentnost energetske sustava i održivost energetske razvoja. Cilj modeliranja i analiziranja 100% neovisnog energetske sustava je učiniti taj sustav održivim i osigurati adekvatnu sigurnost energetske dobave i neovisnosti.

**KLJUČNE RIJEČI:** obnovljivi izvori energije, biogoriva, načela, ciljevi

## **SUMMARY**

The usage of sustainable energy sources is in accordance to the global strategy of sustainable development. The usage of biofuels in transport increases the safety of supply and reduces the dependence of the traffic sector on oil, reduction of greenhouse gas emission from the road transport, and support of the sustainable development of rural areas. Biofuel advantages (biodiesel and bioethanol) in relation to other alternative fuels can be seen in the usage of the existing vehicles with no or relatively slight modifications of existing vehicles, which depends on the concentration of biofuels in blend with fossil fuel. Biofuel as a sustainable energy source are a particular importance for Croatia because it can replace fossile fuels for transport which accounted more than 30 percent in total energy consumption, with a constant tendency of growth and these are significant source of greenhouse gas emissions. The basic principles of strategy in Croatia are: certainty of energy supply,

competitiveness of the energy system and the sustainability of energy development, competitiveness of the energy system and the sustainability of energy development. The aim of modeling and analyzing 100% independent energy system is to make the system sustainable and to ensure adequate certainty of energy supply and independence.

**KEYWORDS:** sustainable energy sources, biofuel, principless, aim

## 1. UVOD

U svemiru ne postoje tijela i sustavi koji ne posjeduju energiju. Postoje mnogi oblici energije koji opet imaju svoje podskupine koje dolaze do izražaja kod proučavanja različitih znanstvenih problema: kinetička energija, potencijalna energija, toplinska energija, električna energija itd. Svakog dana smo svjedoci kako se svijet oko nas sve više razvija. Suvremeni stil života zahtjeva i sve veće količine energije kako bi zadovoljile sve potrebe stanovništva, industrije i sl.

Izvore energije možemo podijeliti na obnovljive i neobnovljive. Istina je da su neobnovljivi izvori, točnije fosilna goriva danas još uvijek glavni za pokretanje moderne civilizacije. Zbog ograničenih rezervi, visoke cijene energije, velikog uvoza te samog straha da bi jednom sve moglo stati, zbog iskorištenja njihovih rezervi, razvijaju se nove tehnologije i načini kako bi se otkrilo i iskoristilo što više obnovljivih izvora energije. Obnovljivi izvori pomažu razvoju industrije te pozitivno utječu i na regionalni razvoj (mogućnost izvoza).

Alternativna goriva iz obnovljivih izvora energije mogu se koristiti za grijanje i hlađenje, proizvodnju električne energije i kao biogoriva za potrebe prometa. Tekuća biogoriva (biodizel, bioetanol i bioplin) predstavljaju najvrjedniji oblik obnovljivih izvora energije za promet. Ona se sve više proizvode i koriste u cijelom svijetu. Zbog toga ćemo u ovome radu reći nešto više o biogorivima i njihovu primjeni u cestovnome prometu. Rad se sastoji iz par cjelina gdje će se istaknuti važnost o utrošku i izvorima energije ističući obnovljive izvore, zatim biogorivima, te o samoj primjeni biogoriva. Također, postavlja se pitanje na koji način biogoriva pozitivno utječu na okoliš, te koja je negativna strana primjene upravo takvog alternativnog goriva.

## 2. UTROŠAK ENERGIJE U CESTOVNOM PROMETU

### 2.1. Izvori energije

Kako je potrošnja energije u cestovnome prometu sve veća potrebno je razvijati nove i alternativne izvore energije i goriva, koji će zadovoljiti potrebe prometa i potrebe ostalih sektora, industrija i sl.

Prirodne izvore energije dijelimo na obnovljive i neobnovljive. (slika 1.) Obnovljivi energetske resursi su oni izvori čiji se potencijal obnavlja u kratkom vremenu. Alternativna goriva uključuju biogorivo, vodik i električnu energiju.

Prirodni izvori energije	
<b>neobnovljivi prirodni izvori</b> <ul style="list-style-type: none"><li>• nafta</li><li>• ugljen</li><li>• plin</li><li>• nuklearna goriva</li></ul>	<b>Obnovljivi prirodni izvori</b> <ul style="list-style-type: none"><li>• sunčeva energija</li><li>• energija vjetra</li><li>• hidroenergija</li><li>• biomasa i otpad</li><li>• biogorivo</li><li>• geotermalna energija</li><li>• plima i oseka</li><li>• morske struje</li><li>• morski valovi</li><li>• vodik i gorive ćelije</li><li>• solarna energija</li><li>• prirodni plin ( UNP i SPP )</li><li>• alkoholi</li></ul>

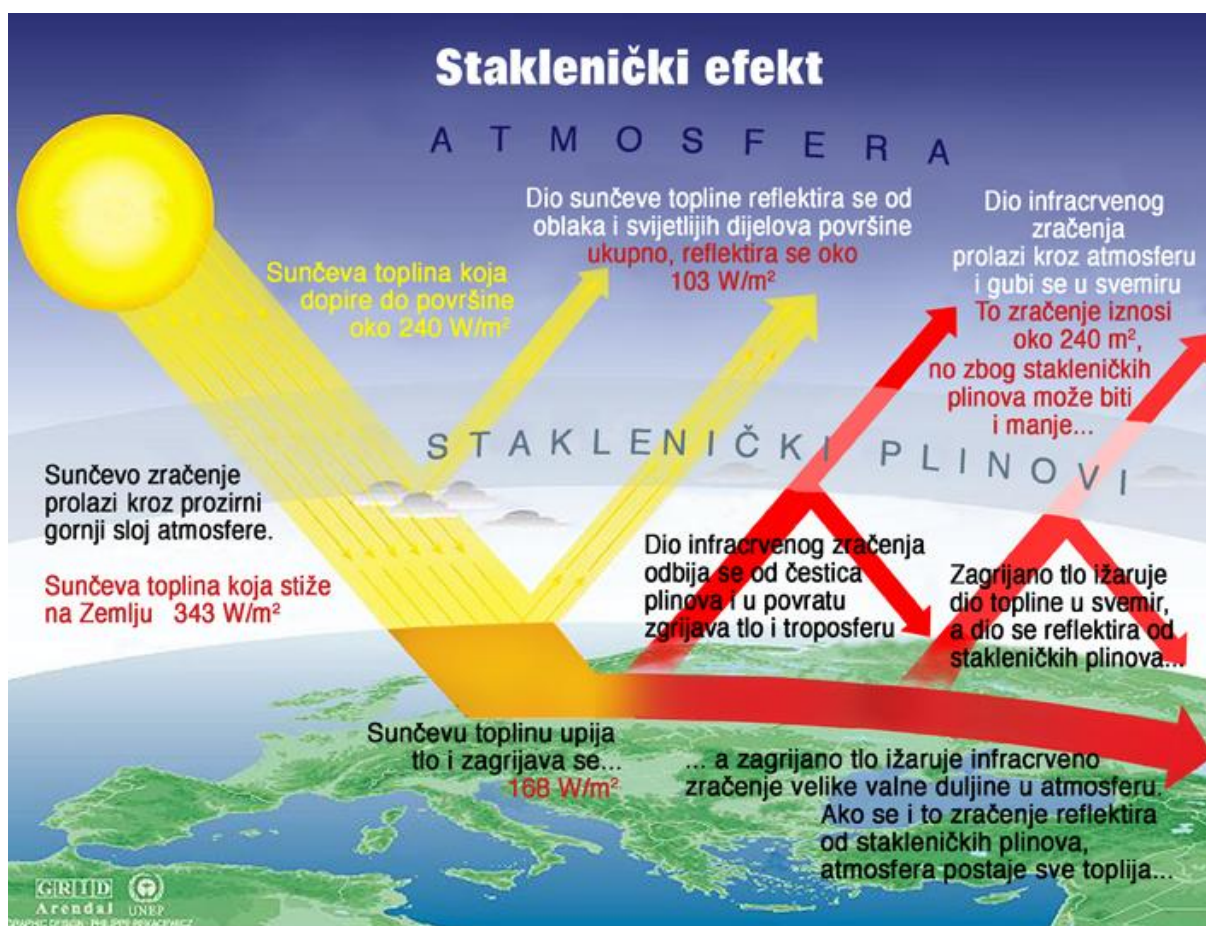
Slika 1. Podjela izvora energije

Izvor: Izradio autor

Obnovljivi izvori energije pružaju znatni potencijal za budućnost, ali nisu konkurentni fosilnim gorivima i energija koju dobijemo iz njih dosta je skuplja. Razlog je tomu što se prava cijena fosilnih goriva ne dobiva na temelju izračuna tzv. „ekološke bilance“ koja obuhvaća fosilno gorivo od primarnog oblika do korisnog oblika energije, odnosno neposredno potrošene energije iz takva oblika. U cijenu bi trebalo uračunat ekološki porez koji sadrži naknadu onečišćivača okoliša prema emisiji CO<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, naknadu prema opterećenju okoliša, naknadu za okoliš iz prometa, vozila na motorni pogon. Moćni naftni lobiji također svojim visokim političkim utjecajem stopiraju ozbiljnije uvođenje obnovljivih izvora energije. Zbog svega toga će proći još neko vrijeme do značajnije upotrebe takvih izvora energije. Do onda se

moramo osloniti na obnovljive izvore energije koji su ujedno bili glavni izvori energije u dvadesetom stoljeću.

Od toga nafta daje oko 40%, ugljen 23%, prirodni plin 22.5%, nuklearna energija 6.5% ukupne primarne energije u svijetu.<sup>1</sup> Glavni izvor energije fosilnih goriva je ugljik, pa njihovim izgaranjem u atmosferu odlazi velika količina ugljičnog dioksida koji je staklenički plin. Zbog toga dolazi do globalnog porasta temperature na zemlji i efekta staklenika (slika 2.). To predstavlja i glavni problem iskorištavanja fosilnih goriva gledano s ekološkog aspekta.



Slika 2. Efekt staklenika

Izvor: [http://www.os-supetar.skole.hr/me\\_unarodna\\_godina\\_odr\\_ive\\_energije](http://www.os-supetar.skole.hr/me_unarodna_godina_odr_ive_energije)

Bez efekta staklenika možemo reći da praktički ne bi ni bilo života na zemlji. Sunčeva svjetlost stiže do zemlje te se djelomično reflektira (oko 30%) a ostatak (oko 70%) zagrijava kopno i more. Zagrijana površina zemlje emitira toplinu dobivenu od sunca. Dio te topline prolazi kroz atmosferu i gubi se u svemiru, a dio apsorbiraju

<sup>1</sup> Jakovac, I; Kučica, M.; Marčelja, D.; Uvođenje alternativnih pogona u cestovnom prometu, Rijeka, 2011.



staklenički plinovi u troposferi kao što su ugljični dioksid, metan i dušikovi oksidi te vodena para. Dio apsorbirane toplinske energije ti plinovi emitiraju u svemir, a dio natrag na Zemlju. Zbog toga je prosječna temperatura zemljine površine oko 33° C veća nego što bi bila kad bi sva energija emitirana od Zemljine površine završila u svemiru. Problem je međutim nastao kada je kao rezultat ljudskih aktivnosti u atmosferi počeo rasti udjel stakleničkih plinova, ponajprije CO<sub>2</sub>, što je izazvalo povećanje omjera energije vraćene na zemlju i one odaslane u svemir. Tako dio topline koji bi se izgubio u svemiru, vraćajući se na zemlju, uzrokuje njezino dodatno zagrijavanje, odnosno zatopljenje. Drugim riječima, povećanje udjela stakleničkih plinova remeti uspostavljenu ravnotežu između zagrijavanja i hlađenja zemlje, što dovodi do pojave koja se uobičajeno naziva globalno zatopljenje.

Upotreba fosilnih goriva neprestano se povećavala u zadnjih 150 godina. Na početku se najviše koristio ugljen, koji je i najopasniji za okolicu jer u atmosferu ispušta uz ugljični dioksid i sumpor te neke druge tvari. Sumpor se u atmosferi spaja s vodenom parom i tvori sumpornu kiselinu, koja pada na tlo u obliku kiselih kiša. Nuklearna goriva svojim izgaranjem ne oslobađaju ugljik-dioksid i nisu opasna za atmosferu, ali tvari nastale kod nuklearne reakcije ostaju radioaktivne još godinama i trebaju biti uskladištene u posebnim prostorijama. U normalnim uvjetima nuklearna energija je vrlo čisti izvor energije, ali potencijalna opasnost neke havarije sve više smanjuje broj sustava zadobivanje nuklearnih goriva.<sup>2</sup>

Obnovljive izvore energije možemo podijeliti u dvije glavne kategorije: tradicionalne obnovljive izvore energije poput biomase i velikih hidroelektrana, te na takozvane "nove obnovljive izvore energije" poput energije Sunca, energije vjetra, geotermalne energije itd. Danas iz obnovljivih izvora energije dobiva se gotovo 35% ukupne svjetske energije, ali je većina od toga energija dobivena tradicionalnim iskorištavanjem. Udio u budućnosti treba znatno povećati jer neobnovljivih izvora energije ima sve manje, a i njihov štetni utjecaj sve je izraženiji u zadnjih nekoliko desetljeća. Sunce isporučuje Zemlji 15 tisuća puta više energije nego što čovječanstvo u sadašnjoj fazi uspijeva potrošiti, ali usprkos tome neki ljudi na Zemlji

---

<sup>2</sup> Ivan V., Biogoriva za pogon cestovnih motornih vozila, Završni rad, Sveučilište u Zagrebu, Fakultet strojarstva i brodogradnje, Zagreb, 2009.

se smrzavaju. Iz toga se vidi da se obnovljivi izvori mogu i moraju početi bolje iskorištavati i da ne trebamo brinuti za energiju nakon fosilnih goriva. Razvoj obnovljivih izvora energije (osobito od vjetra, vode, sunca i biomase) važan je zbog nekoliko razloga:

- obnovljivi izvori energije imaju vrlo važnu ulogu u smanjenju emisije ugljičnog dioksida (CO<sub>2</sub>) u atmosferu. Smanjenje emisije CO<sub>2</sub> u atmosferu je politika Europske unije.
- povećanje udjela obnovljivih izvora energije povećava energetske održivost sustava. Također pomaže u poboljšavanju sigurnosti dostave energije na način da smanjuje ovisnost o uvozu energetskih sirovina i električne energije.
- očekuje se da će obnovljivi izvori energije postati ekonomski konkurentni konvencionalnim izvorima energije u srednjem do dugom razdoblju.

Proces prihvatanja novih tehnologija vrlo je spor i uvijek izgleda kao da nam izmiče za samo malo. Glavni problem za instalaciju novih postrojenja je početna cijena. To diže cijenu dobivene energije u prvih nekoliko godina na razinu potpune neisplativosti u odnosu na ostale komercijalno dostupne izvore energije. Veliki udio u proizvodnji energije iz obnovljivih izvora rezultat je ekološke osviještenosti stanovništva, koje usprkos početnoj ekonomskoj neisplativosti instalira postrojenja za proizvodnju "čiste" energije.<sup>3</sup>

Prijevoz je jedan od glavnih izvora onečišćenja okoliša, buke i vibracija, koji utječe na promjenu klime, osiromašuje biološku i krajobraznu raznolikost te uzrokuje prenamjenu prostora i neželjene događaje s posljedicama po okoliš (ekološke nesreće). Uz sve to možemo reći da je prijevoz i jedan od glavnih potrošača energije kako u svijetu, tako u EU i Republici Hrvatskoj.

---

<sup>3</sup> [http://www.izvorienergije.com/obnovljivi\\_izvori\\_energije.html](http://www.izvorienergije.com/obnovljivi_izvori_energije.html)

## 2.2. Projekcije neposredne potrošnje energije u prijevozu u razdoblju od 2010. do 2020.

Sljedećih godina Europska unija planira investirati iznos od 1000 milijardi eura u energetske sektor. Razlog tome je tendencija prelaska na nove, obnovljive izvore energije što sa sobom uključuje ulaganje u nove tehnologije i opremu, smanjivanje štetnih emisija na godišnjoj razini te osiguravanje dostupnosti energenata u svim zemljama članicama po dobroj cijeni. Europsko vijeće je 2007. godine usvojilo ciljeve na kojima se danas temelji sva energetska politika Europske unije. Do 2020. godine se planira smanjiti emisija stakleničkih plinova za 20% (u slučaju dobrih uvjeta čak i za 30%), povećanje udjela obnovljivih izvora energije na 20 % te 20 %-tno povećanje energetske efikasnosti. Postizanjem ovih ciljeva, otvorio bi se put za lakše ostvarenje glavnog cilja za 2050. godinu – dekarbonizacije, odnosno smanjivanja emisije CO<sub>2</sub> u svim zemljama članicama (ponajviše industrijskim zemljama) za 80-95%. Isto tako, temeljem direktive EU iz 2009. godine (29/2009 EEC), svaka članica treba koristiti u prometu 5,75% biogoriva u 2013. godini, 10% u 2020. i 25% u 2030. godini.<sup>4</sup>

Unutar Republike Hrvatske projekcije potrošnje energije u svim sektorima, pa tako i u prijevozu, prikazane su u Strategiji energetskog razvoja Republike Hrvatske (NN 130/09), gdje su ujedno dane smjernice za provedbu aktivnosti kojima će se ostvariti održiva, sigurna i cjenovno prihvatljiva opskrba energijom uz obuzdavanje emisija stakleničkih plinova iz energetskog sektora, učinkovitiju uporabu energije te poticanje, razvoj i primjenu okolišno održivih tehnologija. Neposredna potrošnja energije u prijevozu je energija predana krajnjim korisnicima u svim vrstama prijevoza. Temeljni scenarij predstavlja projekciju neposredne potrošnje energije (eng. *business as usual*) a pretpostavlja rast potrošnje prepušten tržišnim gibanjima i navikama potrošača, bez državnih intervencija, ali uz pretpostavku uobičajene primjene novih, tehnološki naprednijih proizvoda kako se tijekom vremena pojavljuju na tržištu. Projekcije potrošnje energije u sektoru prijevoza su temeljene na pretpostavci da će hrvatski prometni sektor, prema specifičnoj potrošnji energije u 2020. godini biti na razini prosjeka EZ15 u 2005. godini, a da će se nakon toga njegov rast nastaviti slijedeći prosječni trend EZ15 u prethodnom razdoblju (od 2000. do 2005. godine). U prijevozu roba očekuje se brži rast željezničkog i brodskog

---

<sup>4</sup> [http://powerlab.fsb.hr/enerpedia/index.php?title=EUROPSKA\\_ENERGETSKA\\_STRATEGIJA](http://powerlab.fsb.hr/enerpedia/index.php?title=EUROPSKA_ENERGETSKA_STRATEGIJA)

prometa u odnosu na ukupan rast robnog prometa. U prijevozu putnika najbrži rast se očekuje kod zrakoplovnog prometa. Navedene vrste prijevoza trenutno imaju niske udjele u ukupnoj potrošnji energije pa njihov brzi rast u doglednoj budućnosti neće znatno utjecati na strukturu energetske oblika korištenih u prijevozu. Prema tome sljedeći podatci vezani za prijevoz se ponajviše odnose na cestovni promet.

PJ	2006.	2010.	2020.	Predviđena godišnja stopa porasta od 2006. do 2020. [%]
Industrija	58,86	67,11	84,43	2,6
<b>Prijevoz</b>	<b>85,36</b>	<b>103,65</b>	<b>135,22</b>	<b>3,3</b>
Opća potrošnja	123,40	139,85	189,95	2,8
<i>Kućanstva</i>	<i>77,66</i>	<i>83,69</i>	<i>99,47</i>	<i>1,8</i>
<i>Usluge</i>	<i>28,09</i>	<i>34,50</i>	<i>57,60</i>	<i>5,3</i>
<i>Graditeljstvo</i>	<i>7,39</i>	<i>10,59</i>	<i>19,52</i>	<i>7,2</i>
<i>Poljoprivreda</i>	<i>10,27</i>	<i>11,07</i>	<i>13,37</i>	<i>1,9</i>
<b>Ukupno</b>	<b>267,89</b>	<b>310,60</b>	<b>409,60</b>	<b>3,1</b>

Slika 3. Temeljna projekcija neposredne potrošnje energije po sektorima i podsektorima.

Izvor: Energetska strategija Republike Hrvatske

Temeljna projekcija ne predviđa veće promjene u strukturi potrošnje po sektorima do 2020. godine u odnosu na strukturu kakva je bila 2006. godine. Kad se govori o prijevozu, udio energije za prijevoz u ukupnoj energiji će se neznatno povećati, s 32 posto u 2006. na 33 posto u 2020. godini. Struktura potrošnje po pojedinim energentima također neće doživjeti značajnije promjene. Najveće smanjenje se očekuje kod ogrjevnog drveta (pad s 5% u 2006. na 1% u 2020. godini) i tekućih goriva (pad s 47% na 43%) dok se povećanje očekuje kod biogoriva.

Povećanje energetske učinkovitosti u svim dijelovima energetskog sustava, pa tako i u sektoru prijevoza, je jedan od glavnih ciljeva Strategije a predložene mjere, primijenjene kao državna intervencija u odnosu na temeljni scenarij neposredne potrošnje, predstavljaju okosnicu održivog razvoja. Najveći udio u potrošnji energije u sektoru prijevoza ima cestovni promet s gotovo 90 posto.

Ovakav trend se očekuje i u budućnosti, zbog povećanja broja automobila, povećane prevaljenosti udaljenosti po automobilu i smanjenog broja putnika po automobilu. Stoga je fokus politike energetske učinkovitosti u sektoru prometa upravo na cestovnom

prometu. Sa stajališta energetske učinkovitosti, sektor prijevoza je sektor u kojemu će biti najteže postići željene ciljeve. Razlog je u njegovoj ovisnosti o tekućim gorivima (naftnim derivatima), ali i u suvremenom načinu života i globalizaciji gospodarstva koji su znakoviti po mobilnosti. Glede promjene strukture energenata korištenih u prometu, u skladu s politikom EU, zakonodavno-regulatornim okvirom potaknut će se plasiranje biogoriva na tržište, a promotivnim kampanjama potaknuti njihovu uporabu. Zbog povoljnih učinaka, poticat će se uporaba do sada zanemarena stlačenog prirodnog plina (SPP) u prometu. Mjesto njegove uporabe jesu kamionski koridori (tzv. plave magistrale), gradski autobusni promet ali i osobna vozila. Sve ovo su mjere kojima se zamjenjuje naftno gorivo i smanjuju emisije onečišćujućih tvari, ali kojima se ne smanjuje ukupna potrošnja energije u prometu. Radi smanjenja potrošnje energije u prometu donijet će se paket mjera energetske učinkovitosti koji uključuje:

- Propisivanje strožih standarda za nova vozila
- Provedba informacijskih kampanja o energetski učinkovitom ponašanju u prometu; Provedenim kampanjama će se promovirati učinkoviti načini vožnje, ali i alternativni načini prijevoza (gradski promet, bicikli, više ljudi u automobilu i si.).
- Planiranje i uspostavu učinkovitijih prometnih sustava – ova mjera podrazumijeva poboljšanje procedura planiranja prometa u gradovima, uključujući izgradnju infrastrukture za alternativne načine prijevoza, poboljšanje infrastrukture javnog prijevoza, opcije „parkiraj i vozi“, uvođenje učinkovitih vozila i alternativnih goriva u javni prijevoz (označavanje vozila), propisivanje obveze provođenja energetskih audita u tvrtkama javnog prijevoza i obveza provođenja isplativih mjera energetske učinkovitosti, provođenje usporednih analiza (*benchmarking*) hrvatskih javno prijevoznih tvrtki s istovrsnim europskim tvrtkama, uvođenje naknada za prometne gužve u velikim gradskim središtima i dr.;
- Osiguravanje poticaja za projekte čistijeg prometa i za kupovinu energetski učinkovitijih vozila (vozila sa specifičnim emisijama CO<sub>2</sub> ispod 120 g/km, električna vozila, hibridna vozila) za pravne i fizičke osobe putem subvencija investicija, ali i

osiguravanje besplatnih parkirnih mjesta, pravom na korištenje žutih traka i sl. Procjenu ušteta koje je moguće ostvariti primjenom navedenih mjera, u sektoru prijevoza, u apsolutnom iznosu i kao postotni dio potrošnje.<sup>5</sup>

## **2.4. Strategije Republike Hrvatske glede biogoriva**

Kao što smo već ranije naveli prema strategiji energetskog razvitka Hrvatske iz 2009. godine (NN 130/09) kao jedan od ciljeva energetske politike navodi se upotreba obnovljivih izvora energije, uz preuzimanje obveza iz ciljeva Europske unije „20-20-20“. Prema nekim istraživanjima, u 2008. godini Hrvatska je uvezla 52.3% energenata, a za 2030. godinu predviđen je uvoz od čak 72%. Nakon u potpunosti razvijenog plana za energetske neovisnost Danske donosimo strategiju i predviđanja energetske neovisnosti Republike Hrvatske..

Hrvatska strategija bazirana je na mjerama koje bi trebale povećati udio obnovljivih izvora energije i distribuiranih izvora, povećati uštede energije i poboljšati energetske učinkovitost. Takve mjere povećale bi sigurnost dobave energenata i smanjile emisije stakleničkih plinova. Obveze, preuzete iz ciljeva „20-20-20“, koje se nalaze u Strategiji energetskog razvitka Republike Hrvatske predviđaju da će Hrvatska do 2020. godine imati: udio od 20% obnovljivih izvora energije u bruto neposrednoj potrošnji, upotrebu 10% udjela obnovljivih izvora energije u svim oblicima prijevoza, 20% smanjenje ukupne potrošnje energije (povećanje energetske učinkovitosti), te smanjenje emisija stakleničkih plinova za 20% u odnosu na 1990. godinu.<sup>6</sup>

### **2.4.1.Strategija energetskog razvitka Republike Hrvatske**

Podaci o strateškom razvoju energetike u Hrvatskoj do 2020., odnosno 2030., godine preuzeti su iz knjige „Prilagodba i nadogradnja strategije energetskog razvoja Republike Hrvatske“, izdane u listopadu 2008. godine, a naručene od strane Ministarstva gospodarstva, rada i poduzetništva i Programa ujedinjenih naroda za razvitak (UNDP).

U Strategiji energetskog razvitka RH stoji: „Na temelju članka 80. Ustava Republike Hrvatske i članka 5. stavka 3. Zakona o energiji (NN 68/2001), Hrvatski sabor je na sjednici od 19. ožujka 2002. donio Strategiju energetskog razvoja Republike Hrvatske (NN 38/2002) - u daljnjem tekstu Strategija iz 2002. Prema Zakonu o energiji, Strategija energetskog razvoja temeljni je akt kojim se utvrđuje

---

<sup>5</sup> Nacionalni akcijski plan poticanja proizvodnje i korištenja biogoriva u prijevozu za razdoblje od 2011-2020..Ministarstvo gospodarstva, rada i poduzetništva RH, Zagreb,siječanj 2010..

<sup>6</sup> <http://www.obnovljivi.com/aktualno/2069-energetska-neovisnost-hrvatska?showall=1>

energetska politika i planira energetske razvoj Republike Hrvatske, a donosi se za razdoblje od 10 godina. Strategija iz 2002. obradila je razdoblje do 2030. godine.“<sup>7</sup>

Temeljna načela strategije su: sigurnost opskrbe energijom, konkurentnost energetskog sustava i održivost energetskog razvoja; a u viziji strategije stoji kako će Hrvatska imati pouzdan i održiv energetske sektor, čiji će se razvoj temeljiti na iskorištavanju svih energetskih opcija za zadovoljavanje vlastitih potreba za energijom i za stvaranje dodatnih koristi za građane, u skladu s načelima okolišne, gospodarske i društvene odgovornosti.

Kao što je poznato, prema strategiji, udio obnovljivih izvora energije do 2020. godine trebao bi činiti 20% ukupne energetske potrošnje. Taj udio podijeljen je na tri energetske sektora, pa je tako u planu da bi u elektroenergetskoj potrošnji obnovljivi izvori činili 35%, 10% bi imali udjela u prijevozu, i 20% u sektoru grijanja i hlađenja. Navedenih 35% udjela u elektroenergetskom sektoru uključuje i velike hidroelektrane, za koje je predviđena i izgradnja novih ili porast snage u postojećim hidroelektranama u iznosu od 300 MW do 2020. godine. Kako bi se cilj od 35% udjela (proizvodnja od 10,7 TWh) dostigao u strategiji je, do 2020. godine, planirana izgradnja i: 1200 MW vjetroelektrana, 140 MW elektrana na biomasu, 100 MW malih hidroelektrana, 45 MW sunčevih elektrana, 40 MW termoelektrana na komunalni otpad, te 20 MW geotermalnih elektrana. U strategiji, osim toga, stoji kako „povećana uporaba obnovljivih izvora također podrazumijeva i male proizvodne jedinice smještene u blizini ili na mjestima potrošnje električne energije, koje se priključuju na distribucijsku mrežu. U tom je smislu potrebno omogućiti prihvati distribuiranih izvora i stvoriti tehničke uvjete za rad aktivnih distribucijskih mreža.“<sup>8</sup>

**Tablica 3: Projekcija strukture obnovljivih izvora energije prema Nacrtu zelene knjige, 2008. godine**

		2010.	2020.	2030.
Biomasa	[PJ]	18,14	36,27	68,72
Biogoriva	[PJ]	2,50	9,55	14,35
Energija vjetra	[PJ]	1,02	9,50	15,84
Energija vodotokova – male HE	[PJ]	0,40	0,97	1,55
Energija vodotokova – velike HE	[PJ]	21,06	23,76	23,76
Geotermalna energija	[PJ]	0,15	5,51	8,54
Sunčeva energija	[PJ]	0,51	5,27	13,87
UKUPNO	[PJ]	43,78	88,42	146,63
	[t <sub>oe</sub> ]	1 042 000	2 105 000	3 491 000

Izvor: <http://www.obnovljivi.com/aktualno/2069-energetska-neovisnost-hrvatska?showall=1>

<sup>7</sup> ibidem

<sup>8</sup> ibidem

Rezerve prirodnog plina procijenjene su na 36,4361 Gm<sup>3</sup>, te bi, uz godišnju proizvodnju od 2,8472 Gm<sup>3</sup>, teoretski mogle biti potrošene u manje od 13 godina. Slična situacija procijenjena je i za rezerve nafte, koje su procijenjene na 11,4725 Mm<sup>3</sup>, uz godišnju proizvodnju od 815.000 tona. Važno je napomenuti kako su to samo hipotetska predviđanja jer će cijena fosilnih goriva rasti sukladno smanjenju rezervi, što će rezultirati smanjenjem potrošnje. Iz podataka o rezervama i proizvodnji fosilnih goriva, uz napomenu da ugljen u potpunosti uvozimo, možemo zaključiti kako je 100% neovisnost hrvatskog energetskeg sustava gotovo u potpunosti ovisna o lokalnim obnovljivim izvorima energije, uz nužno povećanje energetske učinkovitosti i smanjenje potrošnje energije.

Kada je riječ o potrošnji energije, u Strategiji stoje slijedeći ciljevi: „obuzdati porast ukupne potrošnje naftnih derivata (prosječna stopa porasta do 2020. godine iznositi će -0,2%), struktura primarne energije u ukupnoj potrošnji energije biti će raznolikija (zahvaljujući visokoj stopi porasta obnovljivih izvora i nuklearnoj energiji), udio nafte i prirodnog plina (fosilnih oblika energije sa čvrstom cjenovnom vezom) će se smanjiti sa 76% u 2006. na 61% u 2020. godini i udio domaćih izvora energije u ukupnoj potrošnji će se povećati za 8% (s 35% u 2006. godini na 43% u 2020. godini).“<sup>9</sup>

**Tablica 4: Ukupna potrošnja energije u Hrvatskoj prema Nacrtu zelene knjige, 2008. godine**

Potrošnja energije	2006	2010	2015	2020	2030	2006	2010	2015	2020	2030	2006-2020	2006-2030
	PJ	PJ	PJ	PJ	PJ	%	%	%	%	%	%	%
Nuklearna energija	0,00	0,00	0,00	82,16	164,32	0,0	0,0	0,0	13,8	21,8	-	-
Uvoz električne energije - NEK	9,52	9,71	9,71	9,71	0,00	2,5	2,2	1,9	1,6	0,0	0,1	-
Uvoz električne energije - bez NEK	10,72	6,67	0,00	0,00	0,00	2,8	1,5	0,0	0,0	0,0	-	-
Ugljen i koks	33,67	36,35	64,75	42,31	29,28	8,9	8,2	12,5	7,1	3,9	1,6	-0,6
Gorivo iz otpada *	0,23	2,67	4,76	8,06	10,49	0,1	0,6	0,9	1,4	1,4	29,0	17,3
OIE	37,34	38,15	54,52	79,06	132,20	9,8	8,6	10,5	13,3	17,6	5,5	5,4
Tekuća goriva	187,89	188,37	181,86	181,55	197,05	49,5	42,4	35,0	30,5	26,2	-0,2	0,2
Prirodni plin	99,98	159,37	199,17	183,39	205,60	26,4	35,9	38,3	30,8	27,3	4,4	3,0
Biogoriva	0,00	2,59	4,67	8,91	13,53	0,0	0,6	0,9	1,5	1,8	13,2	8,6
<b>Ukupno</b>	<b>379,34</b>	<b>443,88</b>	<b>519,45</b>	<b>595,16</b>	<b>752,47</b>	<b>100,0</b>	<b>100,0</b>	<b>100,0</b>	<b>100,0</b>	<b>100,0</b>	<b>3,3</b>	<b>2,9</b>

Izvor: <http://www.obnovljivi.com/aktualno/2069-energetska-neovisnost-hrvatska?showall=1>

Kao i kod drugih zemalja koje razrađuju strategiju energetske neovisnosti, tako i u Hrvatskoj strategiji sektor prometa predstavlja jedan od najvećih problema. Iako je u ovom sektoru najteže postići zadane ciljeve, zbog smanjenja potrošnje energije u strategiji se predlaže donošenje paketa mjera energetske učinkovitosti koji uključuje: propisivanje strožih standarda za nova vozila, provedbu informacijskih kampanja o energetske učinkovitom ponašanju u prometu, planiranje i uspostavu učinkovitih prometnih sustava i poticanje projekata čistijeg prometa i kupovanje energetske

<sup>9</sup> <http://www.obnovljivi.com/aktualno/2069-energetska-neovisnost-hrvatska?showall=1>



učinkovitijih vozila. Prema određenim istraživanjima, ukoliko Hrvatska želi postići potpunu energetska neovisnost, u razdoblju nakon 2020. godine osobna vozila na fosilna goriva trebali bi biti svedeni na minimum, a upotreba električnih vozila i vozila na biodizel trebala bi progresivno rasti. Kamioni i autobusi bi u svojoj energetskoj potrošnji mogli imati 25% udjela dizel goriva, odnosno 4,75 TWh, dok bi dodatnih 5,4 TWh mogla upotrebljavati druga teška vozila koja se upotrebljavaju u industriji i poljoprivredi. Pretpostavlja se da će potrošnja goriva u zračnom prometu porasti za 50%, što bi iznosilo 3 TWh, te nije zamijenjena drugim oblicima goriva.<sup>10</sup>

#### **2.4.2.Obnovljivi izvori energije – potencijali, strateški ciljevi i prijedlog investiranja**

Rezultati modeliranja u određenim istraživanjima pokazuju kako je značajno iskorištavanje obnovljivih izvora energije moguće, stoga smatramo korisnim usporediti ciljeve za pojedine obnovljive izvore energije koji su zadani u Strategiji.

Tehnički kopneni potencijal energije vjetra procijenjen je na približno 10 TWh električne energije, što je oko 4.54 GW instalirane snage vjetroagregata, dok se tehnički morski potencijal procjenjuje na 12 TWh. Prirodni potencijal sunčeve energije na kopnenom dijelu Hrvatske, uz prosječnu dnevnu insolaciju od 3,6 kWh/m<sup>2</sup>, iznosi oko 74.300 TWh/god (267.500 PJ/god. Tehnički iskoristivi vodni potencijal u RH procijenjen je na 12,45 TWh/god. Od tog potencijala u hidroelektranama se u 2010. godini koristilo 6,13 TWh/god ili 49,2%. Prema iskustvima iz drugih zemalja, sličnih topografskih i morfoloških karakteristika, može se računati da oko 10% ukupnog potencijala odlazi na potencijal malih vodotoka (oko 1 TWh/god). Strategijom se postavlja cilj od 270 GWh električne energije proizvedene u malim hidroelektranama do 2020. godine, odnosno 430 GWh u 2030. godini. Ukupni geotermalni energetski potencijal iz već izrađenih bušotina u Hrvatskoj procjenjuje se na 203MJ/s (koristi li se toplinska energija do temperature od 50°C) odnosno 320MJ/s (koristi li se do 25°C).

Procjenjuje se da bi prema dostupnim površinama, šumskim ostacima i drvnoindustrijskim ostacima godišnja proizvodnja biomase u Hrvatskoj mogla iznositi od 1,0 do 1,2 milijuna m<sup>3</sup>. Strategijom se postavio cilj da će se u 2030. godini od ukupnog potencijala upotrebljavati čak 72% u energetske svrhe, te da će od 2010. godine do 2030. godine uporaba biomase kontinuirano rasti. Pod biogorivom se podrazumijevaju biodizel i bioetanol, čiji potencijal pri izradi strategije nije točno definiran, no postavljen je cilj za ostvarivanje godišnje domaće proizvodnje biogoriva iz zrna u iznosu od 340.231 tonu i dodatnih 3.800 tona iz otpadnog jestivog ulja do 2020. godine.

U Strategiji se zaključuje kako razvoj energenata, nužna zamjena postojeće energetske infrastrukture i izazovi s kojima će se energetski sektor susretati iziskuju znatne investicije koje javni sektor neće moći financirati vlastitim sredstvima. Upravo

---

<sup>10</sup> <http://www.obnovljivi.com/aktualno/2069-energetska-neovisnost-hrvatska?showall=1>

zbog toga ističe se nužnost poticanja privatnih, domaćih i inozemnih investicija u energetske sektor, te je strategijom stavljen zahtjev na državne institucije koje bi trebale koordinirano stvarati uvjete koji će privlačiti domaći i inozemni kapital kako bi sudjelovalo u realizaciji potrebnih ulaganja u energetske sektor. Istaknuto je kako će se programom provedbe strategije osigurati uklanjanje prepreka privatnom investiranju u energetske sektor radi ostvarenja ciljeva strategije i to naputcima za stvaranje jasnog, nedvosmislenog i stabilnog zakonskog okvira koji će biti poticajan za poduzimanje ovakve vrste ulaganja i koji će smanjivati stupanj neizvjesnosti s kojom se privatni ulagači suočavaju.

Prikazivanja strateških ciljeva donesenih prije tri godine i rezultata odlične studije koja bi trebala biti pokazatelj da Hrvatska ima mogućnosti ostvariti energetske neovisnost, možemo zaključiti da sadašnje stanje hrvatske energetike daleko odskaka od strategije osmišljene u nedavnoj prošlosti. Na implementaciji obnovljivih izvora energije, smanjenju emisija i povećanju energetske učinkovitosti radi se vrlo sporo i neučinkovito, a poticanja investicija kreće se upravo u suprotnom smjeru od onog zadanog u strategiji. Možemo samo zaključiti kako značajne mogućnosti za energetske neovisnost iz dana u dan propadaju zbog lošeg provođenja strategije i zakonodavstva te naizgled slabe želje za ostvarivanjem tog cilja.<sup>11</sup>

---

<sup>11</sup> <http://www.obnovljivi.com/aktualno/2069-energetska-neovisnost-hrvatska?showall=1>

### 3. KRITERIJI ZA POTENCIJALNU UPORABU ALTERNATIVNIH GORIVA

Uporaba alternativnih goriva za pogon cestovnih vozila predstavlja jedan od realno mogućih načina za smanjenje štetne emisije ispušnih plinova iz vozila. Pored toga, primjena alternativnih goriva vodi ka smanjenju ovisnosti o konvencionalnim pogonskim gorivima, dobivenim iz nafte, čije su rezerve ograničene. Stoga se pitanje izbora adekvatnog alternativnog goriva može promatrati i u mnogo širem kontekstu. Općenito se izvori energije mogu podijeliti na obnovljive i neobnovljive, a njihova podjela i moguća primjena u domeni cestovnih vozila je prikazana na slici 5. Kako se sa slike 5 može uočiti motor s unutarnjim izgaranjem u lancu transformacije energije predstavlja gotovo nezaobilaznu kariku, budući da se pokazalo da on svoje pozitivne osobine, uz odgovarajuću optimizaciju zadržava bez obzira koje se pogonsko gorivo koristi.

Za potpuno razumijevanje razmatrane problematike potrebno je definirati pojam alternativnog goriva. U alternativna goriva za pogon motora SUI spadaju sva goriva, osim benzina i dizelskih goriva, koja mogu efikasno izgarati u motoru SUI i koja imaju mogućnost masovne proizvodnje (npr. prirodni plin, metanol, vodik, biogorivo). Da bi se neko alternativno gorivo uspješno primijenilo za pogon cestovnog vozila, moraju biti ispunjeni brojni zahtjevi. Osnovni kriteriji bitni za ocjenu primjenjivosti alternativnih goriva za pogon motora SUI su:

- emisija ispušnih plinova,
- potrošnja goriva,
- cijena alternativnog goriva,
- performanse vozila s pogonom na alternativna goriva,
- nalazišta, način dobivanja i rezerve alternativnog goriva,
- troškovi konverzije ili proizvodnje vozila,
- načini i mogućnosti uskladištenja goriva na vozilu,
- mogućnost punjenja gorivom i potrebna infrastruktura,
- opća sigurnost vozila.<sup>12</sup>

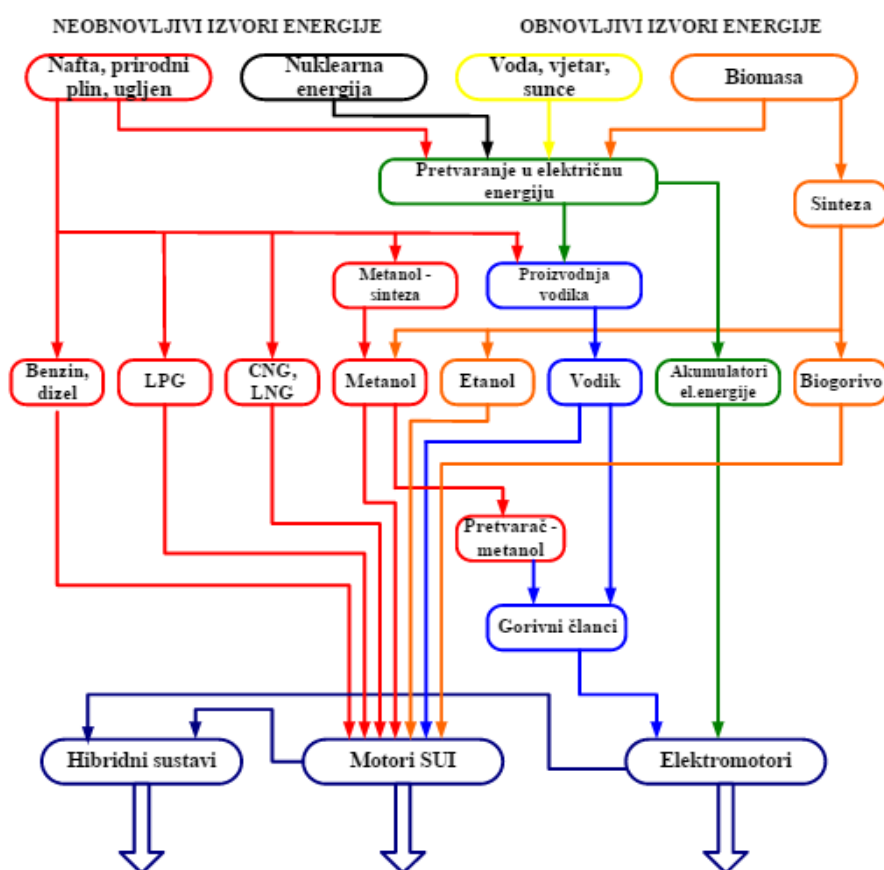
---

12

12

[http://www.researchgate.net/publication/27192155\\_primjena\\_alternativnih\\_goriva\\_u\\_cilju\\_smanjenja\\_emisije\\_zagaivaa\\_kod\\_cestovnih\\_vozila](http://www.researchgate.net/publication/27192155_primjena_alternativnih_goriva_u_cilju_smanjenja_emisije_zagaivaa_kod_cestovnih_vozila)

U alternativna goriva koja se danas nalaze u primjeni za pogon motora SUI spadaju: alkoholna goriva (metanol i etanol), ukapljeni naftni plin (LPG), prirodni plin, biljna ulja, vodik. Sva navedena alternativna goriva, zbog jednostavnije kemijske strukture u odnosu na benzinsko ili dizelsko gorivo, imaju potencijal za smanjenje emisije štetnih ispušnih plinova. Zbog manjeg sadržaja atoma ugljika, alternativna goriva pri izgaranju proizvode manju količinu CO<sub>2</sub>, a u slučaju uporabe vodika emisija CO<sub>2</sub> potječe isključivo od izgaranja ulja za podmazivanje. Bitno je napomenuti da se uporabom alternativnih goriva ne može u potpunosti postići tzv. „nulta“ emisija štetnih ispušnih plinova, i zbog kemijske strukture ugljikovodičnog goriva (i pri idealnim uvjetima izgaranja prisutan je CO<sub>2</sub>), i zbog same konstrukcije motornog mehanizma koja zahtijeva određen stupanj podmazivanja (u ispuhu su prisutni produkti izgorjelog ulja čak i pri uporabi vodika kao pogonskog goriva).



Slika 6. Izvori energije za pogon cestovnih vozila

Izvor:

[http://www.researchgate.net/publication/27192155\\_PRIMJENA\\_ALTERNATIVNIH\\_GORIVA\\_U\\_CILJU\\_SMANJENJA\\_EMISIJE\\_ZAGAIVAA\\_KOD\\_CESTOVNIH\\_VOZILA](http://www.researchgate.net/publication/27192155_PRIMJENA_ALTERNATIVNIH_GORIVA_U_CILJU_SMANJENJA_EMISIJE_ZAGAIVAA_KOD_CESTOVNIH_VOZILA)

Sa stajališta cestovnih motornih vozila, na emisije zagađivača najveći utjecaj imaju: tehničko-tehnološka rješenja koja se koriste na motorima s unutarnjim izgaranjem, radni ciklus motora, vrsta i kvaliteta goriva, koncentracija i prohodnost vozila u pojedinim zonama, uvjeti (režimi) vožnje. Promatrajući motor s unutarnjim izgaranjem kao zasebnu cjelinu smanjenje emisije zagađivača u cestovnom vozilu moguće je postići na tri načina: povećanjem kvalitete korištenih goriva, optimizacijom radnih procesa u motoru i naknadnim tretmanom ispušnih plinova. Smanjenje sadržaja sumpora, te ukidanje pojedinih štetnih aditiva u konvencionalnim gorivima omogućava postizanje niže emisije zagađivača, prije svega sumpornih oksida i drugih nereguliranih komponenti (zakonski netretiranih zagađivača). Primjenom suvremenih konstruktivnih rješenja i naprednih elektronskih regulacijskih sustava optimiziraju se procesi u motoru, prije svega dobava goriva i proces izgaranja, i na taj način se dobivaju povoljnije karakteristike ispušnih plinova <sup>13</sup>

Osnovni kriteriji za ocjenjivanje potencijalnog (alternativnog) goriva:

1. mogućnost masovne proizvodnje
2. specifičnost pripreme smjese
3. utjecaj na okoliš
4. ekonomski uvjeti tj. konkurentnost cijene
5. Stupanj opasnosti pri manipulaciji. <sup>14</sup>

---

<sup>13</sup>

[http://www.researchgate.net/publication/27192155\\_primjena\\_alternativnih\\_goriva\\_u\\_cilju\\_smanjenja\\_emisije\\_zagaivaa\\_kod\\_cestovnih\\_vozila](http://www.researchgate.net/publication/27192155_primjena_alternativnih_goriva_u_cilju_smanjenja_emisije_zagaivaa_kod_cestovnih_vozila)

<sup>14</sup> e-student.fpz.hr/Predmeti/.../Nastavni\_materijal\_alternativna\_goriva.pdf

## 4. BIOGORIVA

### 4.1. Početak razvoja biogoriva

Razlog upotrebe sirovina biljnog podrijetla kao pogonskog goriva za motore s unutarnjim izgaranjem nije bilo globalno zagrijavanje. Prvi motori upotrebljavali su alkohol, etanol kao gorivo. Samuel Morley je 1826. godine razvio stroj koji je za svoj pogon upotrebljavao etanol i terpentinsko ulje.<sup>15</sup> Nicholas Otto, izumitelj danas najraširenijeg tipa motora s unutarnjim izgaranjem, također je 1876. godine upotrebljavao etanol u svom motoru. Henry Ford (1896.) konstruirao je svoj prvi automobil koji je za pogonsko gorivo koristio isto tako etanol. To ga je ponukalo da je izgradnjom postrojenja za proizvodnju etanola sklopio partnerstvo s kompanijom Standard Oil, te je etanol prodavao na njihovim benzinskim crpkama. Tijekom dvadesetih godina prošlog stoljeća etanol je činio 25% prodaje goriva na postajama američkog Srednjeg zapada. Razvojem naftne industrije Standard Oil je usmjerio svoju djelatnost prema fosilnim gorivima, dok je Ford nastavio upotrebu etanola i u tridesetim godinama. Cijena fosilnih goriva istisnula je skupi etanol i druge moguće energente, biljna ulja koja nisu zaboravljena kao moguća goriva<sup>16</sup>. Često se navodi da je Rudolf Diesel razvio svoj motor radi iskorištavanja pogonskog goriva biljnog podrijetla. G. Knothe<sup>17</sup> opovrgava to gledište samog izumitelja i pokazuje da je njegov izum bio utemeljen na termodinamičkim razmatranjima. Diesel je želio izraditi djelotvorniji stroj od dotad poznatih, a gorivo mu nije bilo u prvom planu. Njegov osnovni naum je i ostvaren konstrukcijom motora koji je dobio ime po svom izumitelju. Na izložbi u Parizu 1900. godine jedan od izloženih motora radio je na ulje kikirikija, ali ne prema zamisli Diesela, koji i sam kasnije piše da je stroj radio tako dobro da nitko nije primijetio da se radi o pogonskom gorivu različitom od ostalih<sup>18</sup>. O gorivima, koja je upotrebljavao Diesel, nema preciznih podataka u literaturi. U samom patentu upotrebljava se samo termin gorivo, ali ne i vrsta. Unatoč potvrdi da se biljna ulja mogu upotrebljavati kao gorivo za dizel motore, uočeni su i nedostaci čistog ulja, i to viskoznost koja je veća od viskoznosti fosilnog dizela, što znatno otežava transport od spremnika do raspršivača i samo raspršivanje goriva.

---

<sup>15</sup> Cameron C., The Diesel Pool: a 2020 Vision, Hart, s 11th European world refining & fuels conference, Brussels, 2006.

<sup>16</sup> Woertz, P. A., From visionary to viable-the future of renewable fuels, Advancing Renewable Fuel Conference, 2006

<sup>17</sup> Knothe, G., Van Gerpen, J., Krah, J., urednici, The Biodiesel Handbook, AOCS Press, 2004.

<sup>18</sup> Diesel, R., Internal combustion engine, US Patent 608 845, 1898.

## 4.2. Biomasa – temelj proizvodnje biogoriva

Biomasa je sva organska tvar nastala rastom bilja i životinja. Od svih obnovljivih izvora energije, najveći se doprinos u bližoj budućnosti očekuje od biomase. Svake godine na zemlji nastaje oko 2.000 milijardi tona suhe biomase. Za hranu se od toga koristi oko 1,2%, za papir 1%, i za gorivo 1%. Ostatak, oko 96% trune ili povećava zalihe obnovljivih izvora energije.

Od biomase se mogu proizvoditi obnovljivi izvori energije kao što su bioplín, biodizel, biobenzín, (etanol) a suha masa se može mljeti u sitne komadiće pelete, koji se mogu spaljivati u automatiziranim pećima za proizvodnju topline i električne energije.

U poljoprivrednoj proizvodnji ostaje velika količina neiskorištene biomase. Razni ostaci u ratarskoj proizvodnji kao što su: ostaci pri rezidbi voćki, vinove loze i maslina, slama, kukuruzovina, stabljike suncokreta, i sl. relativno su lako iskoristiv oblik energije. Proizvodnjom i korištenjem biomase u energetske svrhe smanjuje se emisija štetnih tvari i doprinosi se zaštiti tla i voda te povećanju bioraznolikosti. Biomasa je vrlo prihvatljivo gorivo s gledišta utjecaja na okoliš jer sadrži vrlo malo ili čak uopće ne sadrži brojne štetne tvari – sumpor, teške kovine i sl., koje se nalaze u fosilnim gorivima, a koje se njihovim izgaranjem emitiraju u zrak te ugrožavaju naše zdravlje i okoliš. Glavna prednost biomase u odnosu na fosilna goriva je njena obnovljivost.

Računa se da je opterećenje atmosfere s CO<sub>2</sub> pri korištenju biomase kao goriva zanemarivo, budući da je količina emitiranog CO<sub>2</sub> prilikom izgaranja jednaka količini apsorbiranog CO<sub>2</sub> tijekom rasta biljke. U posljednje vrijeme sve više postaje očito da je današnji pristup energiji neodrživ. Od svih obnovljivih izvora energije, najveći se doprinos u bližoj budućnosti očekuje od biomase. Biomasa, kao i njezini produkti – tekuća biogoriva i bioplín, nije samo potencijalno obnovljiva, nego i dovoljno slična fosilnim gorivima da je moguća izravna zamjena.<sup>19</sup>

---

<sup>19</sup> <http://www.tehno-dom.hr/obnovljivi-izvori-energije/energija-biomase>

Biomasa je obnovljivi izvor energije, a općenito se može podijeliti na drvenu, ne drvenu i životinjski otpad, unutar čega se mogu razlikovati:

- Drvena biomasa
  - Ostaci i otpad nastao pri piljenju, brušenju, blanjanju,...
  - Često je to otpad koji opterećuje poslovanje drveno-prerađivačke tvrtke
  - Služi kao gorivo u vlastitim kotlovnica, sirovina za proizvode, brikete, pelete
  - Jeftinije je i kvalitetnije gorivo od šumske biomase
- Ostaci i otpaci iz poljoprivrede
  - Slama, kukuruzovina, oklasak, stabljike, koštice, ljuske,...
  - To je heterogena biomasa različitih svojstava
  - Ima nisku ogrjevnu vrijednost zbog visokog udjela vlage i različitih primjesa
  - Prerađuje se prešanjem, baliranjem, peletiranjem
- Životinjski otpad i ostaci
  - Anaerobna fermentacija (izmet – sve vrste životinja + zelena masa)
  - Spaljivanjem (stelja, lešine – peradarske farme)
  - Bioplin (60% metana, 35% CO<sub>2</sub> te 5% smjese vodika, dušika, amonijaka, sumporovodika, CO, kisika i vodene pare)
- Biomasa iz otpada
  - Zelena frakcija kućnog otpada
  - Biomasa iz parkova i vrtova s urbanih površina
  - Mulj iz kolektora otpadnih voda<sup>20</sup>

Najčešće se koristi drvena masa koja je nastala kao sporedni proizvod ili otpad te ostaci koji se ne mogu više iskoristiti. Takva se biomasa koristi kao gorivo u postrojenjima za proizvodnju električne i toplinske energije ili se prerađuje u plinovita i tekuća goriva za primjenu u vozilima i kućanstvima. Biomasa ne uključuje organske tvari koje su promijenjene raznim geološkim procesima u tvari poput nafte i ugljena.

Biomasa je dio zatvorenog ugljičnog kruga. Ugljik iz atmosfere se pohranjuje u biljke, prilikom spaljivanja ugljik se ponovno oslobađa u atmosferu kao ugljični dioksid (CO<sub>2</sub>). Dok god se poštuje princip obnovljivog razvoja (zasadi se onoliko drveća

---

<sup>20</sup> ibidem



koliko se posiječe) ovaj oblik dobivanja energije nema značajnog utjecaja na okoliš. Biomasa se smatra obnovljivim izvorom energije i često se naziva ugljično neutralno gorivo, no ono ipak može doprinijeti globalnom zagrijavanju. To se događa kad se poremeti ravnoteža sječe i sađenja drveća, na primjer kod krčenja šuma ili urbanizacije zelenih površina. Kada se biomasa koristi kao gorivo umjesto fosilnih goriva ono ispušta jednaku količinu CO<sub>2</sub> u atmosferu.

Ugljik iz biomasa koji sačinjava otprilike pedeset posto njene mase je već dio atmosferskog ugljičnog kruga. Biomasa apsorbira CO<sub>2</sub> tijekom svog životnog ciklusa te ga ispušta natrag u atmosferu kad se koristi za dobivanje energije. Kod fosilnih goriva je to drugačije jer se kod njih ugljik izdvaja iz dugotrajnih spremnika, u kojem bi inače bio zauvijek zarobljen, i ispušta u atmosferu.

Kruta biomasa uključuje drvo, poljoprivredne te ostale organske nusproizvode i otpad. Kruta biomasa se može spaljivati i tako se iz nje može dobiti toplinska energija za grijanje ili proizvodnju električne energije, a može se raznim postupcima pretvoriti u biogoriva ili bioplin te se kao takva koristiti za dobivanje energije.<sup>21</sup>

#### **4.3. Podjela bio goriva**

Biogoriva su tekuća ili plinovita goriva za potrebe transporta dobivena preradom biomase. Postoje različite vrste biogoriva ovisno o izvoru materijala za proizvodnju, tehnologiji proizvodnje, cijeni i emisiji CO<sub>2</sub>.

Dijelimo u tri skupine:

- Prva generacija - ista sirovina kao i za hranu (šećera, škroba, biljna ulja ili životinjske masti; proizvod: etanol, biodizel i bioplin)
- Druga generacija – sirovina je poljoprivredni i šumski otpad (proizvod: biovodik, bio sirovina je poljoprivredni i šumski otpad (proizvod: biovodik, bio – DME, biometanol, HTU dizel, Fischer – Tropsch dizel i mješavine alkohola)
- Treća generacija - alge

---

<sup>21</sup> <http://www.servis-perkovic.hr/ekologija/biomasa.aspx>

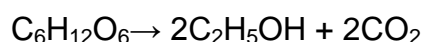
#### 4.3.1. Prva generacija biogoriva

Prva generacija biogoriva nastaje iz različitih biljnih i životinjskih tvari. Najpoznatije vrste prve generacije biogoriva su etanol, biodizel i bioplín.

- **ETANOL**

Etilni alkohol ili etanol,  $C_2H_5OH$ , je prozirna, bezbojna tekućina, specifičnog okusa i karakterističnog ugodnog mirisa. Najčešće se nalazi u alkoholnim pićima kao što je pivo, vino i konjak. Zbog niske temperature leđišta korišten je kao tekućina u termometrima na temperaturi ispod  $-40\text{ }^{\circ}C$  ( $-40\text{ }^{\circ}F$ ), te kao antifriz u automobilima.

Etanol je najčešće koncentriran destilacijom razrijeđene otopine. Etanol koji se koristi u komercijalne svrhe sadrži 95% etanola i 5% vode. Ovaj ostatak vode se može oduzeti pomoću određenog enzima te na taj način nastaje apsolutni etanol. Temperatura na kojoj se etanol počinje topiti je  $-114.1\text{ }^{\circ}C$  ( $-173.4\text{ }^{\circ}F$ ), temperatura vrelišta iznosi  $78.5\text{ }^{\circ}C$  ( $173.3\text{ }^{\circ}F$ ). Najstariji način proizvodnje etanola jest fermentacija šećera. Sva alkohola pića i više od polovice industrijskog etanola još se uvijek dobiva na isti način. Škrob koji se nalazi u krumpiru, kukuruz i ostale žitarice uz pomoć enzima kvasca i drugih enzima pretvara se u etanol i ugljični dioksid.



Ova formula je zapravo jednostavan prikaz procesa u kome se stvara još mnoštvo drugih produkata. Tekućina dobivena na ovaj način, koja sadrži 7 do 12% etanola biva nizom destilacija pretvorena u 95%-tni etanol. Velike količine etanola koji nije namijenjen proizvodnji pića dobiva se sintetički iz acetaldehida koji se dobiva iz acetilena ili pak iz etilena koji se dobiva iz nafte. Etanol može biti oksidiran prvo u acetaldehid, a zatim u octenu kiselinu. Ukoliko se podvrgne dehidraciji, nastaje eter. Ostali proizvodi koji se dobivaju iz etanola su butadien iz kojeg se izrađuje sintetička guma, zatim etilni klorid (lokalni anestetik) i mnogi drugi organski spojevi. Pomiješan s benzinom etanol daje spoj gasohol koji se koristi kao automobilsko gorivo. Također se može miješati s vodom i mnogim organskim otopinama u svim omjerima. Odlično je otapalo različitih tvari i koristi se u proizvodnji parfema, lakova, celuloida i eksploziva.

Alkoholne otopine neisparivih tvari nazivaju se tinkturama. U slučaju kada podliježe isparavanju, otopina se naziva špirit.

Većina industrijskog etanola je denaturirana kako bi se izbjegla njegova upotreba kao alkohola. Taj proces uključuje miješanje etanola s otrovnim ili neugodnim tvarima koje čine etanol nemogućim za ispijanje. Odstranjivanje tih tvari bi podrazumijevalo seriju tretmana skupljih od poreza na alkoholna pića.

- **BIODIZEL**

Biodizel je prvi od alternativnih goriva koje je postalo poznato široj publici te je najraširenije biogorivo u Europi. Proizvodi se iz ulja ili masti procesom transesterifikacije te je u ustroju slično mineralnom dizelu. Ulja se miješaju sa natrijevim hidroksidom i metanolom ili etanolom, a kao produkti te kemijske reakcije nastaju biodizel i glicerol. Na deset dijelova biodizela nastane jedan dio glicerola. Biodizel može biti korišten u svakom dizelovom motoru kada se pomiješa s mineralnim dizelom. U nekim zemljama proizvođači daju garanciju na motor ukoliko se upotrebljava i sam biodizel bez dodataka iako, npr. Volkswagen savjetuje svojim vozačima da se posavjetuju sa Volkswagenovim odjelom za zaštitu okoliša prije same upotrebe.

- **BIOPLIN**

Bioplin nastaje procesom anaerobne pretvorbe organskih materijala (biorazgradljiv otpad, energetske tvari) uz pomoć anaerobnih organizama, a proizveden sadrži metan i ugljični dioksid. Bioplin se može koristiti kao izvor struje te za zagrijavanje prostorija i vode. Kao gorivo, pronalazi svoju upotrebu u motoru s unutarnjim sagorijevanjem. Tipični sastav bioplina je prikazan u tablici.<sup>22</sup>

---

<sup>22</sup> <http://www.izvorienergije.com/biogoriva.html>

**Tablica 7. Sastav bioplina**

Tvar	%
Metan, CH <sub>4</sub>	50 – 75
Ugljični dioksid, CO <sub>2</sub>	25 - 50
Dušik, N <sub>2</sub>	0 - 10
Vodik, H <sub>2</sub>	0 - 1
Vodikov sulfid, H <sub>2</sub> S	0 - 3

Izvor: <http://www.izvorienergije.com/biogoriva.html>

#### **4.3.2. Druga generacija biogoriva**

Druga generacija biogoriva dobivena je preradom poljoprivrednog i šumskog otpada. Za razliku od prve generacije, biogoriva ove generacije znatno bi mogla reducirati emisiju CO<sub>2</sub>, a uz to ne koriste izvore hrane kao temelj proizvodnje i neke vrste osiguravaju bolji rad motora. Biogoriva druge generacije koja su trenutačno u proizvodnji su: biovodik, bio – DME, biometanol, DMF, HTU dizel, Fischer – Tropsch dizel i mješavine alkohola.

- **BIOVODIK**

Ova vrsta biogoriva mogla bi biti najzastupljenija u budućnosti, budući da je obnovljiva, ne uzrokuje emisiju stakleničkih plinova pri sagorijevanju, već oslobađa energiju te se lako pretvara u električnu energiju pomoću ćelija za gorivo. Kod proizvodnje biovodika uz pomoć fotosintetičkih mikroorganizama, potreban je jednostavan solarni reaktor, kao prozirna zatvorena kutija i neznatni energijski izvor. Elektrokemijska proizvodnja biovodika pomoću solarne baterije zahtijeva, međutim, jake energetske izvore. Postoje različiti procesi proizvodnje biovodika. Neke od njih su: biofotoliza vode pomoću mikroalgi ili cijanobakterija, proizvodnja biovodika uz pomoć određenih enzima (hidrogenaza, nitrogenaza), proizvodnja pomoću fotosintetskih bakterija, kombinacija fotosintetskih i anaerobnih bakterija kod proizvodnje. Sama

proizvodnja biovodika je najzahtjevnija s obzirom na okoliš. Budućnost ovog procesa ovisi ne samo o poboljšanjima na temelju istraživanja, već i o ekonomskim zahtjevima, društvenoj prilagodljivosti i razvitku hidrogenskog energijskog sustava.

- **BIO – DME**

Bio – DME ili biodimetileter je jako sličan biometanolu o kojem će biti riječ kasnije. Može se proizvesti neposredno iz sintetičkog plina, koji je još uvijek u razvitku. Međutim, u kemijskoj industriji, DME se proizvodi iz čistog metanola procesom katalitičke dehidracije, kojom se kemijski razdvaja voda od metanola. Ovakav metanol može se proizvesti iz ugljena, prirodnog plina ili biomase. Često se produkcija metanola i DME obuhvaća jednim procesom. Tek nedavno se na DME počelo gledati kao na mogući izvor goriva. U prošlosti je bio korišten kao zamjena kloroflourkarbonu u sprejevima. Međutim, zbog svoje niske temperature sagorijevanja i visokog oktanskog broja pogodan je kao gorivo u dizelskim motorima. Iako ne potiče koroziju metala (kao bioetanol i biometanol), DME utječe na određene vrste plastike i gume nakon određenog vremena. Na sobnoj temperaturi je u plinovitom stanju, dok u tekuće prelazi ukoliko je tlak iznad 5 bara ili na temperaturi nižoj od -25 °C.

- **BIOMETANOL**

Ova vrsta goriva druge generacije može također biti proizvedena iz sintetičkog plina, koji se dobiva iz biomase. Može se koristiti kao zamjena nafte u paljenju motora na iskru zbog visokog oktanskog broja. Baš kao i kod bioetanola, kod upotrebe ovog goriva trebali bi u obzir uzeti niski tlak isparavanja, nisku energiju gustoće i nekompatibilnost s materijalima u motoru. 10 – 20% biometanola pomiješanog s naftom može se koristiti u motorima bez potrebe za njihovom modifikacijom. Budući da biometanol gori nevidljivim plamenom i znatno je otrovan, treba prilikom uporabe poduzeti stroge mjere opreza.

- **DMF**

DMF ili dimetilformamid je organski spoj čija kemijska formula glasi  $(CH_3)_2NC(O)H$ . Ova bezbojna tekućina se može miješati s vodom i većinom organskih spojeva. Također se često koristi kao otopina u kemijskim reakcijama. Dobiva se procesom reakcije dimetil amina i ugljičnog monoksida

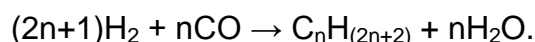
pri niskom tlaku i temperaturi. Svoju upotrebu, osim kao gorivo, pronalazi u farmaciji, proizvodnji pesticida, sintetičkih vlakana i sličnih materijala. Smatra se kako DMF uzrokuje rak u ljudi te također neke mane prilikom rođenja.

- **HTU DIZEL**

HydroThermalUpgrading (HTU) je tehnologija pretvorbe biogoriva iz izvora kao što je mokra biomasa životinjskog podrijetla. Na temperaturi od 300 - 350 °C i visokom tlaku biomasa se pretvara u organsku tekućinu koja sadržava mješavinu ugljikovodika. Nakon procesa katalitičke hidroleoksigencije (HDO) može se proizvesti tekuće biogorivo, slično fosilnim gorivima. Za sada se ova tehnologija koristi samo u Nizozemskoj, gdje se i nalazi pokusni HTU pogon.

- **FISCHER – TROPSCH DIZEL**

Fischer – Tropsch proces je katalitička kemijska reakcija prilikom koje se ugljikov monoksid i vodik pretvaraju u tekući ugljikovodik različitih oblika. Pri tome se koriste tipični katalizatori kao željezo ili kobalt. Formula je:



Osnovni cilj ovog procesa je produkcija sintetičke zamjene nafti, prvenstveno od ugljena ili prirodnog plina, a da bi se upotrijebila kao sintetičko ulje za podmazivanje ili sintetičko gorivo.

- **MJEŠAVINE ALKOHOLA**

Sintetički plin, mješavina ugljikovog monoksida i vodika, može se proizvesti iz biomase kroz niz termalnih procesa, kao isparavanje. Katalitičkim reakcijom se može pretvoriti u goriva, kao etanol i kemikalije velike vrijednosti, kao propanol i butanol. Trenutačni katalizatori za sintezu "miješanih alkohola" su proizvedeni za sintetički plin dobiven iz ugljena ili pare metana. Međutim, oni nisu baš najbolje rješenje te se pokušavaju proizvesti poboljšani katalizatori koji bi usavršili proizvodnju ove vrste biogoriva<sup>23</sup>.

#### 4.3.3. Treća generacija biogoriva

---

<sup>23</sup> <http://www.izvorienergije.com/biogoriva.html>

Biogoriva treće generacije su biogoriva proizvedena iz algi. Na temelju laboratorijskih ispitivanja alge mogu proizvesti i do trideset puta više energije po hektaru zemljišta od žitarica kao što su soja. Sa višim cijenama fosilnih goriva, postoji dosta veliko zanimanje za uzgoj algi. Jedna od velikih prednosti ovakvog biogoriva je u tome što je biorazgradivo, tako da je relativno bezopasno za okoliš ako se prolije. United States Department of Energy procjenjuje kako će u budućnosti alge gorivo zamijeniti sva naftna goriva u SAD-u<sup>24</sup>.

---

<sup>24</sup> <http://www.eko.zagreb.hr/default.aspx?id=92>

## 5. EKOLOŠKE PREDNOSTI I NEDOSTACI PRIMJENE BIODIZELA

### 5.1. Biodizel kao ekološko gorivo

Biodizel je obnovljivo i biorazgradivo gorivo koje se dobiva iz biljnih ulja, životinjskih masti te recikliranog otpadnog jestivog ulja. Biodizel je komercijalno ime za metil-ester. Metil-ester je kemijski spoj dobiven reakcijom biljnog ulja (uljana repica, suncokret, soja, palma, ricinus itd.) ili životinjske masti s metanolom u prisutnosti katalizatora. Proizvodnja biodizela je siguran način proizvodnje goriva koji se koristi sa zadovoljstvom u želji da se reduciraju emisije štetnih plinova te da bi se pritom postigla ušteda novca.<sup>25</sup> Glavne fizičke karakteristike i kvaliteta biodizela je vrlo sličan konvencionalnom dizel gorivu<sup>26</sup>.

Postupak dobivanja biodizela prikazan je na slici 4, a odvija se u nekoliko faza<sup>27</sup>:

- miješanje alkohola i katalizatora,
- reakcija transesterifikacije,
- separacija,
- ispiranje biodizela,
- uklanjanje alkohola,
- neutralizacija glicerola i
- određivanje kvaliteta proizvoda.

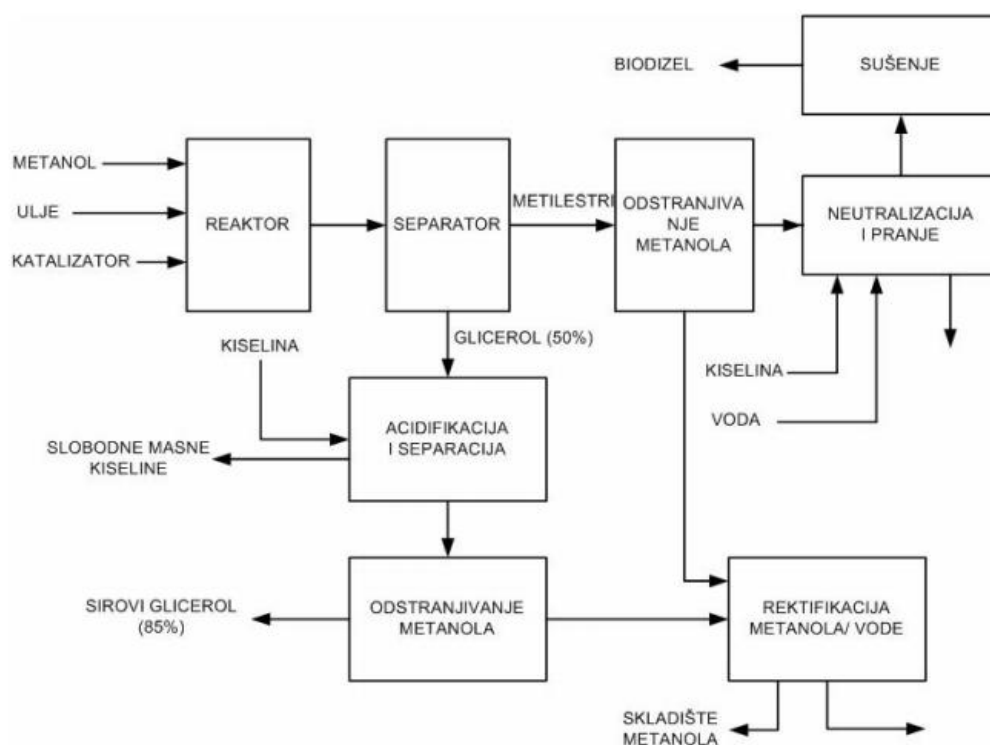
---

<sup>25</sup> [http://biodiesel.com.hr/pitanja/sto\\_je\\_biodizel/](http://biodiesel.com.hr/pitanja/sto_je_biodizel/)

<sup>26</sup> Mičić, R., Tomić, M., Metode i hemizmi dobijanja biodizela, Traktori i pogonske mašine, 16, 2011, 57-69

<sup>27</sup> Demirbas, A., Biodiesel, a realistic fuel alternative for diesel engines, Springer-Verlag London, 2008



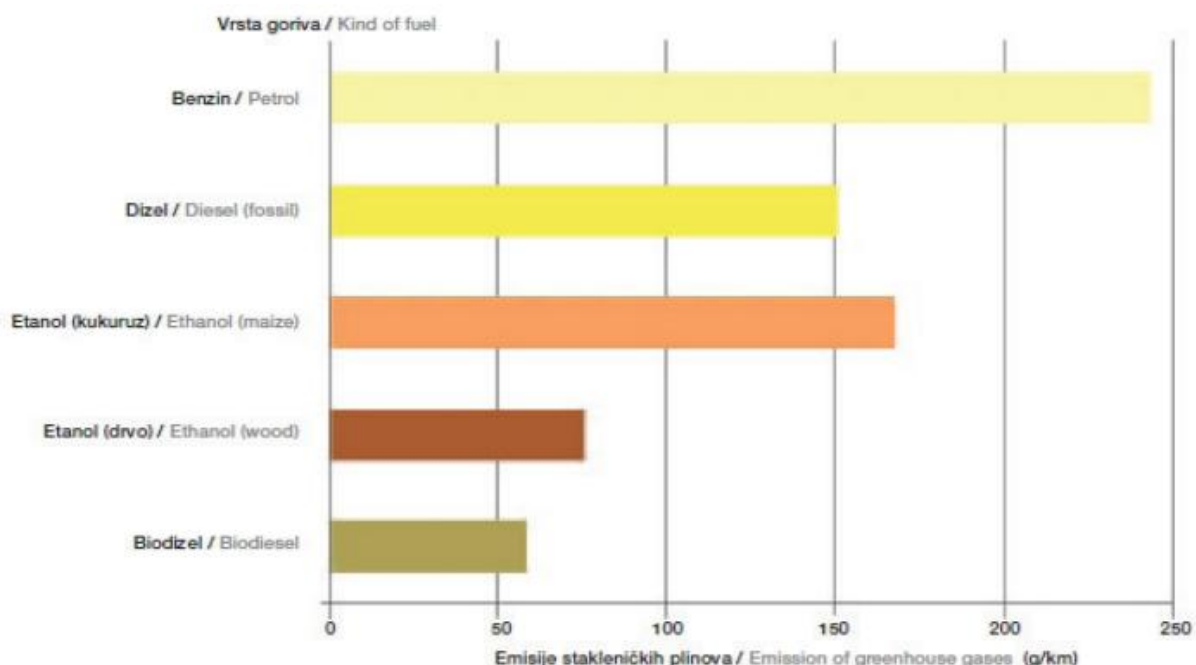


**Slika 7. Postupak dobivanja biodizela**

**Izvor: Gerpen, J.V.: Biodiesel processing and production, Fuel Processing Technology 86, Elsevier, 2005. p. 1101.**

Količina ugljikovog dioksida koja nastane izgaranjem biodizela odgovara količini ugljikovog dioksida koje biljke, poput uljane repice, uzmu iz atmosfere tijekom vegetacije, a to nije slučaj s izgaranjem fosilnih goriva. U nastanku nafte i ugljena, milijunima godina u prošlosti, iz atmosfere je uzet dio ugljikovog dioksida, a koji se sada njihovim izgaranjem vraća u atmosferu. Neutralnost biodizela, s aspekta emisije ugljikovog dioksida, i te kako je važna i u smislu poštovanja potpisanih i preuzetih obveza po Protokolu iz Kyota. Uporaba biodizelskoga goriva u konvencionalnim dizelskim motorima rezultira značajnim smanjenjem nesagorivih ugljikovodika, ugljikovog monoksida i krutih čestica. Emisija dušikovih dioksida je ili blago smanjena ili blago povećana, ovisno o metodi istraživanja. Uporabom biodizelskoga goriva, u konvencionalnim dizelskim motorima, smanjuje se količina čestica ugljika (budući da kisik u gorivu omogućuje sagorijevanje do ugljikovog dioksida), eliminira se frakcija sumpora (budući da u gorivu nema sumpora), a topiva frakcija vodika ostaje ista ili je malo povećana. Biodizelsko gorivo je prvo i jedino biogorivo za koje postoje rezultati istraživanja emisije čestica u zrak te potencijalni učinci na zdravlje ljudi, a koje je predložila Američka agencija za zaštitu okoliša (EPA) nakon primjene najstrožih pravila. Kako je već spomenuto, uporabom biodizelskoga goriva količina smoga

smanjuje se za oko 50 % u odnosu na dizelsko gorivo. Emisija inhalirajućih čestica, koje predstavljaju rizik za ljudsko zdravlje, smanjena je za oko 40 % u odnosu na emisiju istih tih čestica iz mineralnoga dizela, a emisija ukupnih ugljikovodika je niža za oko 68 %<sup>28</sup>. Usporedba emisija stakleničkih plinova pri proizvodnji i uporabi različitih goriva prikazana je na grafikonu 2. s kojeg je vidljivo da su emisije stakleničkih plinova iz biodizelskoga goriva najniže, a slijedi ih bioetanolско gorivo dobiveno iz drveta. Emisije stakleničkih plinova tijekom proizvodnje dizelskoga goriva iznose 32 g/km, što je gotovo polovica emisija do kojih dolazi prilikom proizvodnje biodizelskoga goriva, čak i kada se umjesto električne energije u procesu proizvodnje koristi slama. Međutim, kada se govori o emisiji ugljikovog dioksida tijekom izgaranja samog dizela (245 g/km), argumenti su izrazito na strani biodizela (75 g/ km).



**Slika 8. Ciklus stakleničkih plinova pri proizvodnji i uporabi kod različitih vrsta goriva**

Izvor: Izvor: Mustapić, Z., Krička, T.: Biodizel kao alternativno motorno gorivo, *Energija*, god. 55, (2006), br. 6., str.647.

Klimatske promjene i ograničenja koja proizlaze iz njih, ključni su čimbenici koji će u budućnosti utjecati na način i rezultate planiranja razvoja energetskega sektora. Postavljanje ograničenja u emisijama stakleničkih plinova u proizvodnji, transformaciji, transportu, distribuciji i potrošnji energije radi smanjivanja njihove

<sup>28</sup> Mustapić, Z., Krička, T.: Biodizel kao alternativno motorno gorivo, *Energija*, god. 55, (2006), br. 6., str.634.-657.

koncentracije u atmosferi, proizvodi novi parametar u cijeni energije, a to je trošak smanjenja emisije stakleničkih plinova<sup>29</sup>.

## **5.2. Primjena i utjecaj biodizela na motor**

Biodizel se u motorima s unutarnjim izgaranjem može koristiti na dva načina:

1. kao dodatak čistom dizelskom gorivu, odnosno uz primješavanje fosilnom gorivu u određenim omjerima
2. kao čisti biodizel

Zbog razmjerno male proizvodnje i apsolutno velike potrošnje fosilnih goriva te maloprodajne cijene čistog biodizela koje je gotovo jednaka cijeni eurodizela, češći način korištenja biodizela je primješavanje, odnosno kombinacija s fosilnim dizelom. Biodizel se dobro miješa s dizelskim gorivom u svim omjerima i ostaje pomiješan čak i na niskim temperaturama. Najčešći primjeri mješavina su B20, B30, B50, B80 pri čemu slovo B označava biodizel, a broj njegov udio (odnosno metilnog estera) u mješavini. B20 (smjesa od 20% biodizela i 80% fosilnog dizela) radi u svakom Diesel motoru, obično bez ikakvih preinaka na motoru ili sustavu dobave goriva te osigurava sličnu snagu, okretni moment i prijedene put po litri goriva kao i klasično dizelsko gorivo. Korištenje biodizela u konvencionalnim Diesel motorima pogodno je u smislu zaštite životne sredine tako što se smanjuje efekt staklenika kao i emisija drugih zagađujućih tvari. Zamjetno je znatno smanjenje neizgorenih ugljikovodika, ugljičnog monoksida i čestica. Emisija dušikovih oksida se malo povećava ovisno o sadržaju biodizela u mješavini. Smjesa B20 smanjuje emisiju ugljikovodika (HC) za 20%, ugljičnog monoksida (CO) i čestica (PM) za 12%, a sumpora za oko 20%. Emisija dušičnih oksida ( $\text{NO}_x$ ) se istovremeno povećava za 2%<sup>30</sup>.

## **5.3. Prednosti i nedostaci biodizela**

Prednost biodizelskoga goriva u odnosu na mineralno dizelsko gorivo, s ekološkog stajališta, proizlazi iz povoljnije bilance ugljikovog dioksida. Osnova za proizvodnju biodizelskoga goriva je sjeme, odnosno ulje neke uljane kulture, a

---

<sup>29</sup> Marina Stojanović, univ. bacc. Ing: Uporaba biodizela kao pogonskog goriva u cestovnom prometu, Pregledni rad, Sveučilište u Rijeci, Pomorski fakultet, kolovoz 2013.

<sup>30</sup> Ljubas, D., Podloge za predavanja iz kolegija: GORIVO I MAZIVO, FSB, 2006., Zagreb

poznato je da biljka za svoj rast troši određenu količinu ugljikovog dioksida. Pri uzgoju tih kultura koriste se razni poljoprivredni strojevi koji svojim radom proizvode ugljikov dioksid, a on nastaje i u procesu prerade ulja u biodizelsko gorivo. Slična je situacija i s proizvodnjom mineralnoga dizela. Doduše, razlika je u tomu što se za daljnji uzgoj uljane repice iz atmosfere preuzima dio ugljikovog dioksida nastalog izgaranjem i proizvodnjom biodizelskoga goriva, dok se kod mineralnoga dizelskoga goriva nastali ugljikov dioksid neprestano akumulira u atmosferi. Uzgojem uljane repice, proizvodnjom ekološki ispravnoga goriva, njegovim izgaranjem te ponovnim uzgojem stvara se djelomično zatvoren i ekološki povoljan lanac nastajanja i potrošnje ugljikovog dioksida. Pri razmatranju bilance ugljikovog dioksida nastalog izgaranjem u motoru i proizvodnje biodizelskoga goriva s jedne strane i mineralnoga goriva s druge strane, procjenjuje se da je produkcija ugljikovog dioksida biodizelskoga goriva na razini od 40% do 50% produkcije ugljikovog dioksida pri proizvodnji i izgaranju mineralnoga dizelskoga goriva.



**Slika 9. Ilustracija**

**Izvor:** <https://themajka.com/biogorivo-biodizel-t1503.html>

Jedno od najvažnijih svojstava dizelskoga goriva je njegova sposobnost samozapaljenja, svojstvo koje definira cetanski broj, i što je broj veći, to se gorivo brže zapali. Istraživanja su pokazala da je prosječan cetanski broj biodizelskoga

goriva 48 u usporedbi s cetanskim brojem mineralnog dizela koji iznosi 50. Mazivost, još jedno važno svojstvo dizelskoga goriva, definira njegova maziva svojstva<sup>31</sup>.

Iz svega navedenog daju se zaključiti sljedeće prednosti biodizela:

- prema svojim energetske sposobnostima jednak je običnom fosilnom dizelu, mnogo bolju mazivost te značajno produžuje radno trajanje motora, ÷ smanjenje onečišćenja okoliša (prilikom rada motora, na ispušnoj cijevi se oslobađa čak 10% kisika i smanjuje emisiju ugljikovog dioksida),
- biodizel je biorazgradiv, nije otrovan i tipično proizvodi oko 60% manje emisije ugljikovog dioksida gledajući cijeli životni vijek vozila, ÷ ne sadrži sumpor niti teške metale (olovo) koji su glavni onečišćivači zraka prilikom uporabe dizela dobivenog iz nafte, ÷ transport biodizela gotovo je potpuno neopasan za okoliš,
- biodizel je obnovljivi izvor energije koji se može proizvoditi od algi, biljnog ulja, životinjskih masnoća ili iz recikliranih restoranskih masnoća<sup>32</sup>.

Biodizelsko gorivo ima i određenih nedostataka iako se može primijeniti gotovo u svakom dizelskom motoru, pri čemu za sam pogon vozilo ne zahtijeva nikakve izmjene. Svojstva biodizelskoga goriva u hladnim uvjetima lošija su od svojstava dizelskoga goriva. Pri niskim temperaturama biodizelsko gorivo formira kristale voska, koji mogu dovesti do začepjenja u sustavu motora. Pri još nižim temperaturama biodizelsko gorivo dobiva svojstva gela što znači da se ono ne može crpsti iz spremnika. U vozilima koja se pogone mješavinom biodizelskoga goriva i mineralnoga dizelskog goriva nastaju problemi s opskrbom motora gorivom pri manje negativnim temperaturama nego kod onih vozila na pogon dizelskim gorivom. Zbog toga je biodizelsko gorivo potrebno nadopuniti, čime bi njegova uporaba bila moguća i pri niskim temperaturama. Nadalje, korištenje biogoriva stvara dvojbu u pogledu stvarne ekonomske i ekološke koristi kada se sustav proizvodnje i korištenja promatra globalno. Povećanje potražnje za biogorivom u odnosu na fosilni dizel korisno je u pogledu smanjenja emisije stakleničkih plinova poradi izgaranja samog goriva, ali poradi trenutnog modela pretvorbe velikih površina u plantaže za proizvodnju uljarica, kako bi se zadovoljila svjetska potražnja, neizbježno je krčenje

---

<sup>31</sup> <http://www.gradimo.hr/clanak/ekolosko-gorivo-buducnosti/21755> (18.8.2015.)

<sup>32</sup> Virkes, T.: Biodizel u prometu kao čimbenik održivog razvoja u Republici Hrvatskoj, Magistarski rad, Sveučilište u Zagrebu, Fakultet strojarstva i brodogradnje, Zagreb, 2007.

većih šumskih prostora. Europska unija trenutačno je u deficitu potrebne količine biodizela kako bi se zadovoljila potražnja za njim, s obzirom da više od polovice zemalja članica nije investiralo pravodobno u izgradnju rafinerija i povećanje proizvodnje uljarica, među kojima je i Republika Hrvatska.

Pored već navedenog, nedostaci korištenja biodizela kao pogonskog goriva su sljedeći:

- Biodizel je općenito skuplji od normalnih fosilnih dizel goriva, ali ta bi razlika mogla nestati zbog ekonomije veličine, rastućih cijena goriva i poreznih poticaja od država. Primjer je Njemačka gdje je biodizel općenito jeftiniji od normalnog dizela na benzinskim postajama koje prodaju oba goriva.
- Mogućnost začepjenja injektora na dizelskom motoru.
- Miris prženog ulja iz ispuha.
- Visoka viskoznost (Povećani viskozitet otežava ubrizgavanje goriva i njegovo raspršivanje, a to ima za posljedicu i lošije miješanje sa zrakom odnosno nepotpuno izgaranje.)
- Energetska vrijednost: 37,2 MJ/l (nafta 42, MJ/l ), što znači i veća potrošnja u odnosu na potrošnju mineralnoga dizelskog goriva pri istom broju prijeđenih kilometara jer je energetska vrijednost biodizela oko 90% energetske vrijednosti običnog fosilnog dizela.
- Kukuruz je glavna sirovina za trenutnu masovnu proizvodnju biogoriva poput biodizela i bioetanola. Kukuruz koji je prije bio namijenjen za proizvodnju hrane, sada kupuju proizvođači biogoriva koji su spremni platiti veću cijenu od proizvođača hrane pa na kraju i cijene hrane rastu.
- Biodizelsko gorivo u automobilima starijih godišta djeluje poput otapala i može uzrokovati otapanje boje<sup>33</sup>.

---

<sup>33</sup> Kurevija, T.: Negativni ekološki učinci globalne proizvodnje biodizelskog goriva, Goriva i maziva, 46, (2), 2007., str. 103.-127.

## 6. EKOLOŠKE PREDNOSTI I NEDOSTACI PRIMJENE BIOETANOLA

Svi organski supstrati koji se različitim kemijskim ili biokemijskim transformacijama mogu razgraditi do jednostavnih šećera koje kvasac može koristiti za svoj metabolizam, mogu poslužiti kao sirovina za proizvodnju bioetanol. Šećeri koje kvasac ili proizvodni mikroorganizam može koristiti su glukoza, fruktoza, saharoza i maltoza, a primjenom specijalnih kvasaca i galaktoza i laktoza. Polisaharidi koji se mogu razgraditi do ovih fermentabilnih šećera (kemijski ili enzimski) su dekstrini, škrob, inulin, hemiceluloze i celuloze. Navedeni šećeri i polisaharidi veoma su rasprostranjeni u biljkama, te postoji velik broj potencijalno mogućih sirovina za proizvodnju etanola. Tri kategorija sirovina su najrasprostranjenije i to:

- šećerne (šećerna repa, šećerna trska, topinambur i melasa)
- škrobne (žita i razni usjevi) i
- lignocelulozni (drvo, stari papir, kukuruzovina, slama i slični poljoprivredni nusproizvodi).

Molekula etanola izgleda kao mali lanac ( $C_2H_5OH$ ) koji sadrži 34,7% kisika i potpuno je topiv u vodi. U čistom obliku to je zapaljiva, bezbojna tekućina sa slatkastim mirisom na alkohol. Etanol je lakši od vode; kada njegova smjesa sa benzinom dođe u kontakt s minimalnim količinama vode, etanol će se razdvojiti od benzina u vodeni sloj. Čisti etanol i etanolni smjese benzina su teže od benzina. Etanol je vrlo isparljiv, te će ispariti u zrak oko pet puta brže nego benzin. kao i benzinske pare, pare etanola su gušće od zraka i talože se na nižim mjestima. Pri sagorijevanju etanol oslobađa manje topline nego benzin. Jedan i pol galon etanola imaju približno istu energiju izgaranja goriva kao jedan galon benzina. Etanol ima višu temperaturu paljenja nego benzin (oko 4500 °C prema oko 2500 °C) i ima oktanski broj od oko 110, te pri dodavanju u benzin, povećava njegov oktanski broj.

Etanol E85 ima karakterističan miris i ružičastu boju. Sastav etanola E85 propisan je standardom ASTM D5798. ovim standardom propisani su aditivi za sprečavanje korozije i postavljena ograničenja za reguliranje parametara kao što su napon pare i oktanski broj. Mada je čisti etanol otrovan, on je manje toksičan od benzena, toluena, etilbenzena i ksilena (BTEx) koji su komponente benzina. etanol je prisutan u farmaceutskim proizvodima, alkoholnim pićima, sredstvima za čišćenje, otapalima, bojama i eksplozivima. Ljudi često unose u organizam fermentirana pića koja sadrže oko 12% etanola. Pošto je etanol metabolički produkt, mnogi organizmi toleriraju koncentracije koje se mogu naći pri havarijskim ispuštanjima u životnu

sredinu. Veliki broj mikroorganizama u životnoj sredini može koristiti etanol kao izvor energije, te ga upotrebljava prije nego ugljikovodike iz benzina (npr. benzen).

Etanol i njegove smjese sa benzinom provode elektricitet (nasuprot tome, benzin je električni izolator). Zbog svoje vodljivosti, čisti etanol je korozivniji nego benzin, te se mora paziti na kompatibilnost materijala pri projektiranju velikih spremnika za pohranu etanola.

**Tablica 8. Karakteristike E85 i E10**

Karakteristike	E85	E100
Točka vrenja ° C	900	400- 2100
Bruto toplota sagorijevanja (BTU/lb)	13935	19468
Neto (masena) toplota sagorijevanja (BTU/lb)	12665	18000
Neto (zaprem.) toplota sagorijevanja(BTU/gal)	82150	112900
Toplota isparavanja (BTU/lb)	357	200
Oktanski broj:		
(RON)	109	92
(MON)	91	87
Cetanski broj	Ispod 15	
Izgled	Ružičasti	Bezbojni
Prodajna cijena (\$/gal)	1,39	1,05

**Izvor: Stojiljković D. i saradnici, Alternativna goriva za pogon motora SUS u 21 veku, Studija, Mašinski fakultet, 2007, Beograd.**

Emisije ispušnih plinova su jedan od primarnih razloga za uporabu etanola. Emisije kojima se može upravljati su emisije dušikovih oksida ( $\text{NO}_x$ ), ugljičnog monoksida (CO) i ugljikovodika (CV).  $\text{NO}_x$  su sporedni proizvodi nastali uslijed visokih temperatura u cilindrima. Zato se pri povećanju kompresije povećavaju i tlak u cilindru i temperatura, te uslijed toga i razinu  $\text{NO}_x$ .  $\text{NO}_x$  se obrazuje oksidacijom dušika u zraku i glavni je sastojak fotokemijskog smoga. CO se stvara pri nepotpunom sagorijevanju ugljikovodika iz goriva i doprinosi globalnom zagrijavanju. Da bi se ustanovile promjene u kvaliteti zraka uslijed ispuštanja potencijalno štetnih ispušnih plinova i hlapivih komponenti, kao i reakcijskih proizvoda koji nastaju pri supstituciji benzina s etanolom, potrebno je izvršiti opsežne analize. U analize je također uključen i benzin kako bi se dobila osnova za usporedbu.



Izvedene su tri vrste analiza:

1. Pregled novije publiciranih opsežnih procjena utjecaja benzina na životnu sredinu.
2. Literaturni pregled studija koje se bave izravnim utjecajem korištenja etanola u benzinu.
3. Procjena emisije i utjecaja na kvalitetu zraka goriva bez etanola u usporedbi s gorivom koje sadrži etanol.

Ove analize dovele su do sljedećih zaključaka:

- Istraživanja su pokazala da se korištenjem goriva s visokim sadržajem etanola emisije ugljikovodika mogu smanjiti za 66%. Ugljikovodici obično predstavljaju 80% ukupnih emisija iz cestovnih vozila.
- Stvaranje CO se smanjuje uporabom etanola zbog sadržaja kisika u etanolu. Za izgaranje je potrebno manje kisika iz zraka, te se tako stvara manje sporednih proizvoda kao što je CO, pa se smanjuje globalno zagrijavanje.
- U usporedbi s benzinom formiranje toksičnih spojeva iz etanola u atmosferi je relativno sporo.
- Glavni proizvodi nepotpunog izgaranja kod uporabe etanola su acetaldehid (toksični zagađivač zraka) i peroksiacetilnitrat (PAN, iritant očiju i uzročnik oštećenja biljaka), kao i kod upotrebe benzina.
- Uporaba benzina s udjelom etanola može dovesti do povećanja emisija hlapivih tvari pošto su guma, plastika i drugi materijali permeabilni za etanol; što više, etanol može smanjiti radni kapacitet filtra s aktivnim ugljenom koji se koriste za kontrolu emisija hlapivih tvari na motornim vozilima.
- Sadašnji modeli vozila ne mogu se potpuno kontrolirati u pogledu emisija isparavanja etanola. Mada su 1998. godine usvojeni strože standardi za emisije hlapivih tvari koji su primjenjivi na modele do 2006. godine, postupci ispitivanja odnose se samo na goriva u uporabi u vrijeme usvajanja propisa, te ne obuhvaćaju etanolni smjese. Ipak, zbog nižeg sadržaja štetnih hlapivih komponenata u etanolna goriva, manji je i razina štetnih isparenja iz ovih cestovnih vozila.
- Korištenjem etanola značajno se smanjuje mogućnost ekološkog akcidenta pri transportu u odnosu na transport benzina (zbog njegove manje toksičnosti).

- Ekološka pogodnost primjene etanola kao goriva ogleda se i u manjem zagađenju vodenih ekosustava u odnosu na benzin.

Još od 70-tih godina prošlog stoljeća u SAD-u i Brazilu se u različitim udjelima dodaje benzinu i koristi kao pogonsko gorivo za automobile. Ove dvije države su danas vodeći svjetski proizvođači i potrošači bioetanola kao i vozila koja su prilagođena ovom gorivu (VW-Brazil i Ford- SAD). Brazil je vodeći svjetski proizvođač bioetanola iz šećerne trske, a danas u SAD-u postoji više od 100 rafinerija koje proizvode etanol većinom iz kukuruza. U nekim gradovima Švedske (najveći europski potrošač etanola) se etanol koristi kao gorivo za pogon autobusa javnog gradskog prijevoza.

Nažalost, njegova primjena je ograničena samo na vozila koja su prilagođena i fleksibilna na različita goriva tzv. flex fuel vozila (eng. Flexible Fuel Vehicles - FFVs). Ova vozila su prilagođena da rade na benzin, etanol ili smjesu benzina i etanola. Za njihov pogon se najčešće koristi smjesa od 85 % bioetanola i 15% benzina sa oznakom E85 (E-oznaka za etanol a broj 85 predstavlja procentualni udio etanola u gorivu).



**Slika 10. Flex fuel vozila**

Izvor: <http://www.prometniportal.com/index.php/promet-i-komunikacije/drumski-saobracaj/strucni-clanci/52-etanol-kao-alternativno-gorivo>

Etanol daje manje energije po litru (21,3 MJ/L) od bezolovnog benzina (31 MJ/L) pa je za isti učinak potrebna oko 30-tak % veća količina etilnog alkohola čime je i povećana potrošnja na 100 km. CO<sub>2</sub> koji se ispušta kroz plinove, biljke upiju procesom fotosinteze.

Prednosti dodatka etanola u benzin su, pored povećanja oktanskog broja benzina, smanjenje zagađenosti atmosfere. Obzirom da bioetanol u molekulu sadrži kisik, omogućava se potpunije sagorijevanje komponenata benzina, reduciraju količine ugljičnog monoksida, toksičnih supstanci kao što su benzeni, smanjuje nivo

ugljikovodika koji ne sagorijevaju. Zbog većeg oktanskog broja etanola od 111 moguće je povećanje stupnja kompresije i iskorištenja motora.<sup>34</sup>



**Slika 11. Postrojenje za proizvodnju bioetanola (SAD)**

Izvor: "Ethanol plant". Licensed under Public Domain via Wikimedia Commons - [https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Ethanol\\_plant.jpg#/media/File:Ethanol\\_plant.jpg](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Ethanol_plant.jpg#/media/File:Ethanol_plant.jpg)

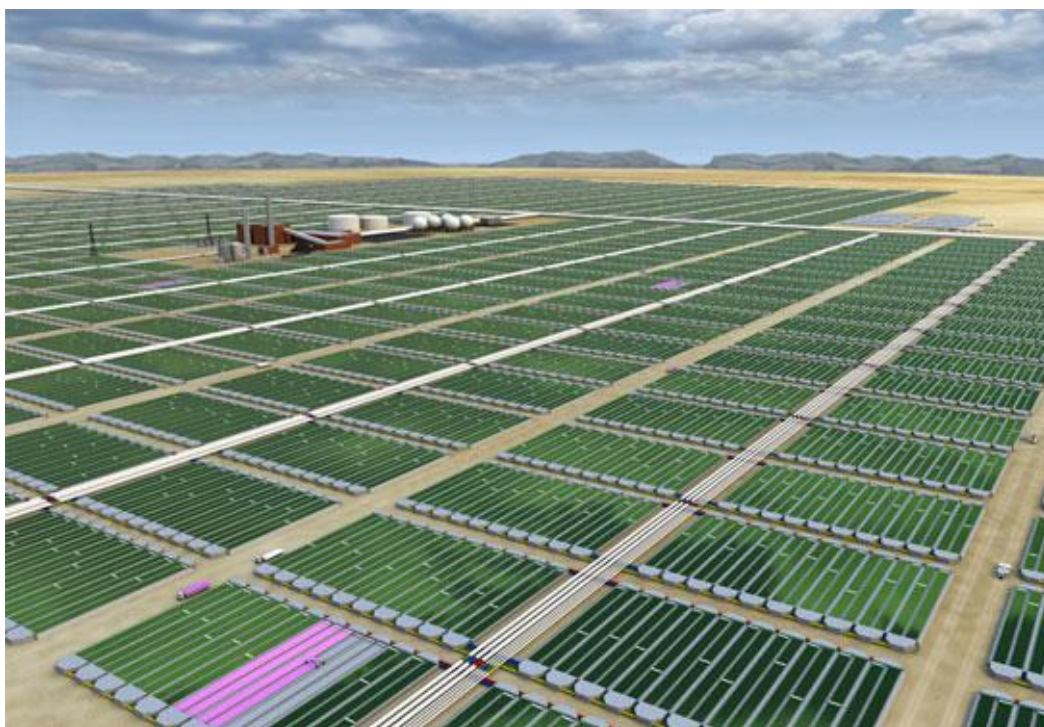
---

<sup>34</sup> <http://www.prometniportal.com/index.php/promet-i-komunikacije/drumski-saobracaj/strucni-clanci/52-etanol-kao-alternativno-gorivo>



## 7. MOGUĆNOST PRIMJENE BIOGORIVA III GENERACIJE U CESTOVNOM PROMETU

Biogoriva treće generacije su biogoriva proizvedena iz algi. Na temelju laboratorijskih ispitivanja alge mogu proizvesti i do trideset puta više energije po hektaru zemljišta od žitarica kao što je soja. Sa višim cijenama fosilnih goriva, postoji dosta veliko zanimanje za uzgoj algi. Jedna od velikih prednosti ovakvog biogoriva je u tome što je biorazgradivo, tako da je relativno bezopasno za okoliš ako se dogodi havarija. *United States Department of Energy* procjenjuje kako će u budućnosti alge gorivo zamijeniti sva naftna goriva u SAD-u.



Slika 12. Polje za proizvodnju/uzgoj algi

Izvor: [http://www.izvorienergije.com/proizvodnja\\_biogoriva\\_iz\\_algi.html](http://www.izvorienergije.com/proizvodnja_biogoriva_iz_algi.html)

Jednostavne ili primitivne alge (mikro-alge) mogu poslužiti kao sirovina za dobivanje goriva. Pod pojmom mikroalge podrazumijeva se skupni naziv za sve niže biljke koje u svom tijelu imaju klorofila. Mikro-alge mogu doprinijeti znatnom smanjenju emisija stakleničkih plinova, osobito ugljičnog dioksida ( $\text{CO}_2$ ). On je uz sunčevu energiju, vodu i hranjive sastojke koje dolaze sa vodom potreban za rast mikroalgi. Iz mikroalgi se mogu kemijskom obradom proizvesti različiti tipovi biogoriva. Važniji su: proizvodnja bioplina metana putem biološkog ili termičkog procesa rasplinjavanja, proizvodnja etanola putem procesa fermentacije, proizvodnja biodizela te izravno

izgaranje biomase na bazi mikro-algi u svrhu proizvodnje toplinske i/ili električne energije. Proizvodnja mikro-algi još uvijek je skupa. Trenutni troškovi proizvodnje biomase iz mikroalgi su ekonomski neprihvatljivi. Drvno – celuloznu biomasu moguće je proizvesti po puno nižoj i prihvatljivijoj cijeni.<sup>35</sup>

Usprkos gašenju, istraživanja unutar tog programa dala su vrlo važne rezultate, a najvažnije od svega je zaključak da bi proizvodnja biogoriva iz algi svakako mogla dostići željene razine. U ono doba studije su pokazale i jedan veliki nedostatak: zaključeno je da postupak ne bi bio financijski opravdan sve i da se cijena sirove nafte udvostruči. Ovaj zaključak imao je solidnu potporu sve do 2006 godine u kojoj se cijena nafte gotovo utrostručila u odnosu na prošlu dekadu, a cijena nafte je i dalje rasla. Uz trenutne probleme globalnog zatopljenja i visoke cijene sirove nafte stvorile su se idealne prilike za ponovnu evaluaciju ovog izvora energije.<sup>36</sup>

---

<sup>35</sup> [http://repozitorij.fsb.hr/708/1/16\\_07\\_2009\\_zavrsni\\_rad-ivanvlah-0035154277.pdf](http://repozitorij.fsb.hr/708/1/16_07_2009_zavrsni_rad-ivanvlah-0035154277.pdf)

<sup>36</sup> [http://www.izvorienergije.com/proizvodnja\\_biogoriva\\_iz\\_algi.html](http://www.izvorienergije.com/proizvodnja_biogoriva_iz_algi.html)

## 8. UPOTREBA BIODIZELA U VOZILIMA JAVNOG PRIJEVOZA

Biodizelsko gorivo, čija je primjena za pogon dizelskih motora u svijetu sve značajnija stvara značajne ekonomske, gospodarske i strateške mogućnosti razvoja i značenja Republike Hrvatske. Iako proizvodnja biodizela postoji već više od godinu dana u Ozlju, a u pripremnim je fazama još nekoliko tvornica biogoriva (Vukovar), za sada nema veće upotrebe ovog proizvoda na našem tržištu, nego se sva proizvodnja izvozi. Prostora za korištenje ima na svakom koraku i hvalevrijedne su akcije korištenja biodizela u gradskom javnom prometu (ZET/Zagreb), odnosno na mjestima na kojima je od iznimne važnosti smanjenje emisije u okolinu (npr. nacionalni parkovi), marine (Murter) i sl. Biodizel u Hrvatskoj ima svijetlu budućnost s više stajališta [2]. Mnogo je neobrađene zemlje na kojoj se može posaditi uljana repica iako treba imati na umu da je ona dosta invanzivna na okolinu i iscrpljuje zemlju u kratkom razdoblju eksploatacije. Svakako treba napomenuti i povoljniju cijenu biodizela jer su biogoriva oslobođena raznih državnih nameta da bi bila konkurentnija. Također, važan je i ekološki aspekt s obzirom da je korištenje biodizela prepoznato kao jedno od rješenja Kyotskog protokola, ali i smanjenja lokalnog zagađenja u urbanim sredinama.

Biodizelsko gorivo, čija je primjena za pogon dizelskih motora u svijetu sve značajnija, stvara značajne ekonomske, gospodarske i strateške mogućnosti razvoja i značenja Republike Hrvatske. Budući da je glavna uljarica za proizvodnju biodizelskoga goriva uljana repica, za čiju proizvodnju imamo izrazito povoljne uvjete, stvaraju se preduvjeti za intenzivnu poljoprivrednu proizvodnju. Nadalje, proizvodnjom biodizelskog goriva ostvarila bi se značajna financijska ušteda s obzirom na manji uvoz nafte i na manju mogućnost onečišćenja okoliša. Uvođenje biodizela u Hrvatsku imalo bi višestruke pozitivne učinke na gospodarstvo, poljoprivredu i zaštitu okoliša, kao što je to uočeno u drugim europskim zemljama. Kao najvažnije prednosti uvođenja biodizela u gospodarstvo Hrvatske mogu se istaknuti:

- Smanjenje uvoza nafte; ukoliko se pretpostavi da se iz jedne litre nafte dobije jedna litra dizelskog goriva (u rafineriji se od nafte dobije određeni postotak benzina, plina, dizela i loživog ulja), tada bi smanjenje trgovinskog deficita zemlje, uz pretpostavku smanjenja količine dizelskog goriva od 89.000 tona

godišnje i cijenu nafte od 70 \$/ barelu, iznosila 39,1 milijuna \$ godišnje (219 milijuna kuna) [10].

- Smanjenje onečišćenja okoliša s obzirom da biodizel nije klasificiran kao opasna tvar, jeftiniji je, jednostavniji i sigurniji za transport i skladištenje te uvelike utječe na smanjenje emisije stakleničkih plinova i onečišćenja zraka boljim izgaranjem. Također, korištenje biodizela smanjuje rizik onečišćenja voda korištenjem biološki razgradivog energenta.
- Povećanje zaposlenosti; za proizvodnju 89.000 tona biodizela je potrebno 1.335 radnika (15 radnika /1.000 t biodizela), što uz prosječnu bruto plaću od 6.000 kn daje godišnji dohodak od 30 milijuna kuna<sup>37</sup>. Trenutno su u tijeku pregovori za izgradnje tvornice tvrtke Ethanol u Vukovaru koja bi trebala biti puštena u probni rad do kraja 2014. godine i proizvoditi oko 165.000 t bioetanola godišnje što bi bio povod za otvaranje novih 100 radnih mjesta u samoj tvornici i dodatnih 600-800 indirektnih radnih mjesta u regiji <sup>38</sup>. No, pregovori su bili uzaludni. Američko-irska tvrtka EERL nakon pet godina intenzivnog natezanja s lokalnim i državnim vlastima odustala je od gradnje tvornice etanola u Vukovaru. Time je u nepovrat otišlo 160 milijuna eura ulaganja. Razlozi za odustanak su brojni, a jedan od najvažnijih je neriješen status zemljišta na kojem je tvornica trebala biti sagrađena.
- Razvoj apikulture; uvođenje nove poljoprivredne kulture u Hrvatsku pored kukuruza i pšenice bi predstavljalo dodatno sigurno tržište za poljoprivrednike, utjecalo bi na obradu neiskorištene zemlje te bi zadržavalo kapital unutar zemlje.
- Makroekonomski (izvozno) je za Hrvatsku proizvodnja uljane repice mnogo povoljnija od pšenice, a prisutne su i objektivne klimatske i pedološke prednosti za tu proizvodnju.
- Provođenje programa smanjenja emisije ugljikovog dioksida prihvaćenog potpisivanjem sporazuma iz Kyota.
- Smanjenje rizika zagađivanja voda korištenjem biološki razgradljivog energenta.

---

<sup>37</sup> Virkes, T.: Biodizel u prometu kao čimbenik održivog razvoja u Republici Hrvatskoj, Magistarski rad, Sveučilište u Zagrebu, Fakultet strojarstva i brodogradnje, Zagreb, 2007.

<sup>38</sup> <http://www.gradimo.hr/clanak/ekolosko-gorivo-buducnosti/21755>

## 8.1. Mogućnosti razvoja biodizela kao pogonskog goriva u Hrvatskoj

Biodizel radi u dizelskim motorima isto kao i klasično dizelsko gorivo. B20 (smjesa od 20 % biodizela i 80 % fosilnog dizela) radi u svakom dizelskom motoru, obično bez ikakvih preinaka na motoru ili sustavu dobave goriva te osigurava sličnu snagu, okretni moment i prijeđene kilometre po litri goriva kao i klasični dizel<sup>39</sup>. Novo zakonodavstvo u sektoru biogoriva u Republici Hrvatskoj ima cilj povećati količine biogoriva kako u sektoru proizvodnje, tako i u sektoru potrošnje kao pogonskog goriva koje će pridonijeti održivom razvoju Hrvatske. U tu svrhu osmišljen je projekt „Biosire“ - Biogoriva - proizvodnja, distribucija i poticaji namijenjen poboljšanju međusobne komunikacije između lokalnih vlasti, Vlade te tvrtki koje se bave proizvodnjom biogoriva i sirovina za biogoriva u cilju povećanja interesa za proizvodnju i primjenu biogoriva u Hrvatskoj. Nacionalni cilj stavljanja na tržište biogoriva je minimalni obvezatni cilj stavljanja na tržište biogoriva za potrebe prijevoza u Republici Hrvatskoj, a određuje se kao dio ukupnog udjela energije iz obnovljivih izvora u ukupnoj godišnjoj neposrednoj potrošnji energije u prijevozu, u koju se uračunava samo energija dizelskog goriva, motornog benzina i biogoriva potrošena u cestovnom i željezničkom prijevozu te električna energija potrošena u prijevozu, a izražava se kao postotak Nacionalnom akcijskom planu, uzimajući u obzir propisane energijske vrijednosti goriva. Sukladno Zakonu o biogorivima za prijevoz i provedbenim aktima koji proizlaze iz Zakona, obveznik stavljanja biogoriva na tržište samostalno odabire vrstu biogoriva koju će staviti na tržište te na koji način će staviti biogorivo na tržište. Minimalni udjel biogoriva može se osigurati miješanjem biogoriva u dizelsko gorivo ili motorni benzin ili stavljanjem čistog biogoriva na tržište. Uzimajući u obzir postojeće proizvodne kapacitete u Hrvatskoj te raspoložive sirovine za proizvodnju biogoriva, pretpostavlja se da će se do 2020. godine koristiti biodizel, bioetanol i bioplin. Pri tomu je realno pretpostaviti da će se u početku promatranog razdoblja biodizel primarno proizvoditi iz uljarica i otpadnog jestivog ulja, a bioetanol iz kukuruza i šećerne repe. Nakon komercijalizacije tehnologije proizvodnje biogoriva druge generacije predviđa se proizvodnja biodizela i bioetanola iz lignoceluloznih

---

<sup>39</sup> Virkes, T.: Biodizel u prometu kao čimbenik održivog razvoja u Republici Hrvatskoj, Magistarski rad, Sveučilište u Zagrebu, Fakultet strojarstva i brodogradnje, Zagreb, 2007.



sirovina, koja će se na hrvatskom tržištu pojaviti u posljednjem dijelu promatranog razdoblja (od 2017. godine) .<sup>40</sup>

## 8.2. Uvođenje biodizelsko goriva u vozila ZET-a

S 295 autobusa ZET osigurava opsežan, moderan i pouzdan javni promet u Zagrebačkoj regiji. Trenutno se vozni park ZET-a sastoji od vozila MAN (162 kom.) i Mercedes-Benz (133 kom.). U autobuse je ugrađeno ukupno 24 različitih tipova ili izvedbi motora, od čega u vozila MAN 19 tipova/izvedbi, a u vozila Mercedes-Benz 5 tipova/izvedbi motora (stanje 5. 2006. godine). Prilikom uvođenja biodizela u vozni park ZET-a dva su ograničavajuća faktora: mogućnost korištenja biodizelskog goriva s obzirom na izvedbu motora i količina raspoloživog goriva te način njegove distribucije.

Na slici 11. prikazano je stanje voznog parka ZET-a u svibnju 2006. s obzirom na mogućnost korištenja biodizelskog goriva. S obzirom da se vozni park stalno obnavlja, promjena brojčanog stanja autobusa može ići samo u prilog povećanju broja vozila opremljenih za uporabu biodizela jer se novi autobusi isporučuju s paketom FAME. Godine 2007. Su pustili dodatnih 10 autobusa koji voze na biogorivo.

	<b>Mercedes-Benz</b>	<b>MAN</b>	<b>UKUPNO</b>
Sposobni za biodizel, s paketom FAME	15	11	26
Sposobni za biodizel, bez paketa FAME	74	77	151
Sposobni za biodizel, ali stariji od 1996.	3	19	22
Nisu sposobni za biodizel	41	55	96
<b>UKUPNO</b>	<b>133</b>	<b>162</b>	<b>295</b>

**Slika 13. Pregled autobusa ZET-a s obzirom na sposobnost uporabe biodizela, stanje: 5. 2006.**

**Izvor: Statistički ljetopis Republike Hrvatske, 2003.**

<sup>40</sup> Marina Stojanović, univ. bacc. Ing: Uporaba biodizela kao pogonskog goriva u cestovnom prometu, Pregledni rad, Sveučilište u Rijeci, Pomorski fakultet, kolovoz 2013.



**Slika 14. ZET autobusi koji voze na biodizel**

**Izvor: <http://www.zeljeznice.net/forum/index.php?/topic/3631-putanje-u-promet-2268-2269-te-man-ova-na-biodiesel/>**

Spremišta autobusa ZET-a nalaze se na tri lokacije: u Dubravi, Podsusedu i Velikoj Gorici. Danas, ZET-ov vozni park sastoji se od otprilike 430 autobusa prosječne starosti 6,8 godina. Od toga je 60 autobusa na plin (40 zglobnih i dvadesetak klasičnih), a svi su ostali na dizelska goriva. Plinski busevi prvi puta su se nabavili 2009. godine, a ušteda plina u odnosu na dizelsko gorivo bila je 40 posto. Povećanjem cijene plina u odnosu na cijenu dizelskog goriva ta je ušteda pala na oko 17 posto. S obzirom na dužinu linija i broj prevaljenih kilometara, 60 posto autobusa mora se puniti svaki dan, 30 posto svaki drugi i 5 posto svaki treći dan. Također, 12.05.2015. u pogn je 16 novih manjih plinskih autobusa. Autobusi na stlačeni prirodni plin, vrijedni više od 15 milijuna kuna dijelom su financirani sredstvima Fonda za zaštitu okoliša, a namijenjeni su za vožnju trasama kojima se standardni autobusi ZET-a ne mogu kretati zbog svoje veličine.<sup>41</sup>

<sup>41</sup> Virkes, T.: Biodizel u prometu kao čimbenik održivog razvoja u Republici Hrvatskoj, Magistarski rad, Sveučilište u Zagrebu, Fakultet strojarstva i brodogradnje, Zagreb, 2007.

## 9. ZAKLJUČAK

Povećanje udjela stakleničkih plinova posljedica su utjecaja konvencionalnih fosilnih goriva. Kako je potrošnja energije u cestovnome prometu sve veća potrebno je razvijati nove i alternativne izvore energije i goriva, koji će zadovoljiti potrebe prometa i potrebe ostalih sektora. Cestovna motorna vozila u potpunosti ovise o fosilnim, te na temelju toga može se zaključiti da će svjetske zalihe nafte, uz ovakvu potrošnju, biti iscrpljene za manje od pedeset godina. Upravo to je glavni razlog za zamjenu konvencionalnih goriva biogorivima. Kao glavna alternativa dizelskom gorivu možemo predstaviti biodizel, a benzinu bioetanol. Najveća ekološka prednost naspram benzinskim i dizelskim gorivom je smanjenje štetnih utjecaja ispušnih plinova, a osim toga mogu se koristiti u postojećim vozilima bez ikakvih ili malim modifikacijama ispušnih plinova. Naravno, postoji i loša strana primjene biogoriva. Najveći nedostatak je što se danas najviše proizvode iz usjeva koji služe za prehranu ljudi i stoke što je moguće najveći uzrok povećanja cijene hrane.

Povećanje energetske učinkovitosti u svim dijelovima energetskog sustava, pa tako i u sektoru prijevoza, je jedan od glavnih ciljeva Strategije a predložene mjere predstavljaju okosnicu održivog razvoja. Energetski sustavi planiraju se za razdoblja od 20 do 40 godina, stoga je određivanje budućih energetskih potreba i potražnji vrlo važan korak. Do 2020. godine se planira smanjiti emisija stakleničkih plinova za 20%, povećanje udjela obnovljivih izvora energije na 20 % te 20 %-tno povećanje energetske efikasnosti. Postizanjem ovih ciljeva, otvorio bi se put za lakše ostvarenje glavnog cilja za 2050. godinu dekarbonizaciju. U Republici Hrvatskoj temeljna načela strategije su: sigurnost opskrbe energijom, konkurentnost energetskog sustava i održivost energetskog razvoja. Cilj modeliranja i analiziranja 100% neovisnog energetskog sustava je učiniti taj sustav održivim i osigurati adekvatnu sigurnost energetske dobave i neovisnosti.

## LITERATURA

### KNJIGE I ČLANCI:

- Virkes, T.: Biodizel u prometu kao čimbenik održivog razvoja u Republici Hrvatskoj, Magistarski rad, Sveučilište u Zagrebu, Fakultet strojarstva i brodogradnje, Zagreb, 2007.
- Nacionalni akcijski plan poticanja proizvodnje i korištenja biogoriva u prijevozu za razdoblje od 2011-2020..Ministarstvo gospodarstva, rada i poduzetništva RH, Zagreb, siječanj 2010..
- Ivan V., Biogoriva za pogon cestovnih motornih vozila, Završni rad, Sveučilište u Zagrebu, Fakultet strojarstva i brodogradnje, Zagreb, 2009.
- Vladimir Čavrak, Željko Smojver, Ekonomski aspekti energetske djelatnosti prometa u republici Hrvatskoj, Izvorni znanstveni rad, Ekonomski fakultet u Zagrebu, 2005.
- Jakovac, I.; Kučica, M.; Marčelja, D.; Uvođenje alternativnih pogona u cestovnom prometu, Rijeka, 2011.
- Željko Dominis, Stručni rad : POSLJEDICE STUPANJA NA SNAGU PROTOKOLA IZ KYOTA, Listopad 2006.
- Cameron C., The Diesel Pool: a 2020 Vision, Hart, s 11th European world refining & fuels conference, Brussels, 2006.
- Woertz, P. A., From visionary to viable-the future of renewable fuels, Advancing Renewable Fuel Conference, 2006
- Knothe, G., Van Gerpen, J., Krahl, J., urednici, The Biodiesel Handbook, AOCS Press, 2004.
- Diesel, R., Internal combustion engine, US Patent 608 845, 1898.
- Demirbas, A., Biodiesel, a realistic fuel alternative for diesel engines, Springer-Verlag London, 2008.
- Mustapić, Z., Krička, T.: Biodizel kao alternativno motorno gorivo, Energija, god. 55, (2006), br. 6., str.634.-657
- Marina Stojanović, univ. bacc. Ing: Uporaba biodizela kao pogonskog goriva u cestovnom prometu, Pregledni rad, Sveučilište u Rijeci, Pomorski fakultet, kolovoz 2013.

- Kurevija, T.: Negativni ekološki učinci globalne proizvodnje biodizelskog goriva, Goriva i maziva, 46, (2), 2007., str. 103.-127.
- Mičić, R., Tomić, M., Metode i hemizmi dobijanja biodizela, Traktori i pogonske mašine, 16, 2011, 57-69
- Ljubas, D., Podloge za predavanja iz kolegija: GORIVO I MAZIVO, FSB, 2006., Zagreb

## INTERNET:

- <http://www.eko.zagreb.hr/default.aspx?id=92>
- <http://www.obnovljivi.com/aktualno/2069-energetska-neovisnost-hrvatska?showall=1>
- <http://www.servis-perkovic.hr/ekologija/biomasa.aspx>
- [http://biodiesel.com.hr/pitanja/sto\\_je\\_biodizel/](http://biodiesel.com.hr/pitanja/sto_je_biodizel/)
- <http://www.izvorienergije.com/biogoriva.html>
- <http://www.ipcc.ch/>
- [http://www.izvorienergije.com/obnovljivi\\_izvori\\_energije.html](http://www.izvorienergije.com/obnovljivi_izvori_energije.html)
- [http://www.researchgate.net/publication/27192155\\_primjena\\_alternativnih\\_goriva\\_u\\_cilju\\_smanjenja\\_emisije\\_zagaivaa\\_kod\\_cestovnih\\_vozila](http://www.researchgate.net/publication/27192155_primjena_alternativnih_goriva_u_cilju_smanjenja_emisije_zagaivaa_kod_cestovnih_vozila)
- [e-student.fpz.hr/Predmeti/.../Nastavni\\_materijal\\_alternativna\\_goriva.pdf](http://e-student.fpz.hr/Predmeti/.../Nastavni_materijal_alternativna_goriva.pdf)
- <http://www.gradimo.hr/clanak/ekolosko-gorivo-buducnosti/21755>
- <http://www.prometniportal.com/index.php/promet-i-komunikacije/drumski-saobracaj/strucni-clanci/52-etanol-kao-alternativno-gorivo>
- [http://repozitorij.fsb.hr/708/1/16\\_07\\_2009\\_zavrsni\\_rad-ivanvlah-0035154277.pdf](http://repozitorij.fsb.hr/708/1/16_07_2009_zavrsni_rad-ivanvlah-0035154277.pdf)
- [http://www.izvorienergije.com/proizvodnja\\_biogoriva\\_iz\\_algi.html](http://www.izvorienergije.com/proizvodnja_biogoriva_iz_algi.html)

## **POPIS SLIKA:**

Slika 1. Podjela izvora energije

Slika 2. Efekt staklenika

Slika 3. Temeljna projekcija neposredne potrošnje energije po sektorima i podsektorima.

Slika 4: Ukupna potrošnja energije prema scenariju 100% neovisnog energetskeg sustava

Slika 5: Proizvodnja električne energije prema izvorima u scenariju 100% neovisnog energetskeg sustava

Slika 6. Izvori energije za pogon cestovnih vozila

Slika 7. Postupak dobivanja biodizela

Slika 8. Ciklus stakleničkih plinova pri proizvodnji i uporabi kod različitih vrsta goriva

Slika 9. Ilustracija

Slika 10. Flex fuel vozila

Slika 11. Postrojenje za proizvodnju bioetanola (SAD)

Slika 12. Polje za proizvodnju/uzgoj algi

Slika 13. Pregled autobusa ZET-a s obzirom na sposobnost uporabe biodizela, stanje: 5. 2006.

Slika 14. ZET autobusi koji voze na biodizel

## **POPIS TABLICA:**

Tablica 1. Struktura potrošnje energije po sektorima u Europskoj uniji (navedeno par zemalja) 2002., u %

Tablica 2. Struktura potrošnje energije u prometu zemalja EU-25 u %

Tablica 3: Projekcija strukture obnovljivih izvora energije prema Nacrtu zelene knjige, 2008. godine

Tablica 4: Ukupna potrošnja energije u Hrvatskoj prema Nacrtu zelene knjige, 2008. godine

Tablica 5: Ukupna potrošnja energije i emisije CO<sub>2</sub> u 2020. godini

Tablica 6: Cijene 100% neovisnog energetskeg sustava za različite modele optimizacije

Tablica 7. Sastav bioplina

Tablica 8. Karakteristike E85 i E10